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
XXI Международной
научно-методической конференции

Воронеж,
11-12 февраля 2021 г.

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

Воронеж
ООО «ВЭЛБОРН»
2021

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.

Заместители:

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

Козадеров О. А. – проректор по науке, инновациям и цифровизации, 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;

Крыловецкий А. А. – и. о. декана факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета, к. ф.- м. н., доцент;

Борисов Д. Н. – и. о. заведующего кафедрой информационных систем Воронежского государственного университета, к. т. 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., Кунаковская Л. А., 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 XXI Международной научно-методической конференции / под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 11-12 февраля 2021 г. – Воронеж : ООО «ВЭЛБОРН», 2021. – 2205 с.

ISBN 978-5-6045486-2-2

В сборнике предлагаются научные работы, доклады и лекции, представленные на XXI Международную научно-методическую конференцию «Информатика: проблемы, методы, технологии» (IPMT-2021), 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, 2021
© ООО «ВЭЛБОРН», 2021

ISBN 978-5-6045486-2-2

Пленарные доклады

Why is learning to program Impossible?

Carlton McDonald, e-mail: c.g.mcdonald@derby.ac.uk

Discipline of Computing University of Derby Kedleston Road, Derby, UK DE22 1GB

Abstract. With the changing nature of introductory programming in the last 40 years. There is anecdotal evidence that students find programming the most difficult part of a Computer Science first year course. This paper looks at the nature of introductory programming and asks, do we know the time it takes to learn individual programming concepts, have we thought about the additional time it takes to learn Object Oriented Programming (OOP) and are we expecting too much of the students. At the end of the paper you will not have answers but a number of research questions to be pursued to improve the experience of learning to program.

Keywords: Basic, Pascal, Visual Programming.

1. Course Design

Computer Programming courses have been designed by Professors most of whom learn computer programming with old technologies and languages. The author first learnt programming in 1974, at school, using a terminal connected to Birmingham, UK City Council mainframe. The language was BASIC, the communication technology was paper tape transmitting binary codes of my program to the City Council Computer. The results were displayed on a monochrome screen. Output was purely text based. BASIC had a total of 16 Commands [1] (fig. 1).

LET Introduces the assignment statement, and is required
PRINT Provides free-form output
END Is required
READ Assigns values to variables from internal data
DATA Introduces internal data **INPUT**
GOTO Does just that, transfers to another line-numbered statement
IF Gives a conditional GOTO
FOR Introduces the looping construct
NEXT Terminates the looping construct
GOSUB Does a GOTO to a subroutine
RETURN Returns from the end of the subroutine
DEF Introduces programmer-defined functions
DIM Allows dimensioning arrays
REM Provides comments
STOP Same as reaching the END statement

Fig. 1. Basics 16 Commands (INPUT added later)

7 years later at Polytechnic, we learnt Pascal and COBOL in the first year. Pascal permitted us to have 3 hours of terminal access time per week between 9:00 and 5:00. COBOL required punched cards for which the results came back the following day. The results were sometimes 8 out of 320

© McDonald Carlton, 2021

cards had compilation errors. Correcting those 8 cards required the cards to be generated by the punch card operators and then if the program compiled the results would be returned the following day.

Pascal itself only had a small no. of concepts: sequence, selection, iteration, procedures, parameters, arrays, records and pointers and functions. In the first year we had 30 weeks of 3 hours per week of tuition. Pointers were introduced in the second year, as were functions. That is 7 concepts in the first year to learn to program in Pascal.

At a recent assessment Board an external examiner commented that the challenge of programming is much easier today because students do not learn Assembler programming. The author indicated that the number of concepts students have to deal with when learning a new programming language today, is exceptionally high.

Bennedsen and Casperson [2] in their quest to determine the evidence behind the perception concerning failure rates in introductory programming courses, indicate that 49% of respondents to a worldwide survey of Computer Science courses indicated that they taught OO as an "introductory course", an additional almost 17% were a mixture of imperative and OO. The author's view is that the challenge of learning OO and particularly the time required to learn OO as an introductory course based on the time it takes to learn OO concepts has never been measured. The course tutors and professors learnt OO as expert programmers and therefore have no appropriate experience to draw on in OO introductory programming course design.

2. IDE & Reserved Words

The Integrated Development Environment provides tens of commands to build, manage projects and folders, update the hundreds of libraries from which thousands of classes (within which tens of thousands of methods are encapsulated), are packaged as APIs. In addition to these set of commands (that no single individual could possibly remember) the list of language reserved words has continued to increase over the decades:

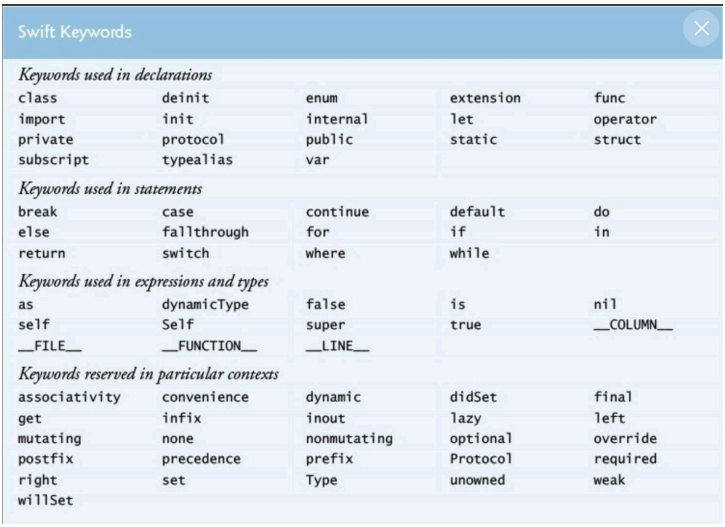
Pascal 35 Reserved Words (fig. 2) [3].

Following is a list of reserved words available in Pascal.

and	array	begin	case	const
div	do	downto	else	end
file	for	function	goto	if
in	label	mod	nil	not
of	or	packed	procedure	program
record	repeat	set	then	to
type	until	var	while	with

Fig. 2. Pascal's 35 Reserved Words

Swift's Reserved Words (fig. 3) [4].



Swift Keywords

Keywords used in declarations

class	deinit	enum	extension	func
import	init	internal	let	operator
private	protocol	public	static	struct
subscript	typealias	var		

Keywords used in statements

break	case	continue	default	do
else	fallthrough	for	if	in
return	switch	where	while	

Keywords used in expressions and types

as	dynamicType	false	is	nil
self	Self	super	true	__COLUMN__
__FILE__	__FUNCTION__	__LINE__		

Keywords reserved in particular contexts

associativity	convenience	dynamic	didSet	final
get	infix	inout	lazy	left
mutating	none	nonmutating	optional	override
postfix	precedence	prefix	Protocol	required
right	set	Type	unowned	weak
willSet				

Fig. 3. Swift 71 Reserved Words

It is the author's unsubstantiated view that many professors struggled with "indirection" (pointers/addresses) in Assembler, as the author did, and insist that this is a process that everyone should go through iin order to fully understand programming. Yet, even Apple recognised that the power of pointers in Objective-C created problems that far outweighed the benefits of explicit pointers for programmers, 20 years after Java had already rendered explicit pointers obsolete. Apple introduced Swift as its primary development language effectively Objective-C is in the process of being deprecated. There is even a version of Swift for those who insist that they always know what they are doing with pointers, and their programs can never go down, taking out part of the operating system, as they crash. This version is called "Unsafe Swift" a kind of rally driving without seatbelts. Apparently, this is very thrilling (I'm told), as it relies on the (misplaced?) self confidence in the developer's own abilities: Will I survive a crash or not?

One of the first lessons the author gives to new programmers is a variation of the following fig. 4.

```
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        double length = 0.3;
        System.out.println(length - 0.1);
    }
}
```

Fig. 4. Computers cannot do simple arithmetic

When students see the output:

```
0.19999999999999998
```

they spend ages trying to understand why the computer cannot get 0.3 – 0.1 right. How can they solve problems when the computer cannot do the simplest things?

3. Transition to Object Oriented Design

Those that were expert programmers in the 1980's had months and years to make the transition to OO language concepts that required a significant change of mindset. This changing mindset is accompanied by a new vocabulary: keywords: public, private, protected, virtual/abstract and concepts, such as: inheritance, overriding, polymorphism, casting and instantiation, and interfaces. They did not become C++ experts overnight. They had to write many programs to appreciate the subtleties of the new programming paradigm.

Web Development, on the surface, seems the least complicated of all but with the lack of a standard for web development (HTML-5 was supposed to be the standard). In 2008, HTML-5 included conceptually the best cross platform programming language, Java. Why the best, you ask? Almost any application written in Java with six small changes could be made to run in a browser environment as an Applet. Since 2015 Browsers have slowly ignored and no longer support Applets. The one exception? Wait for it. It is hard to believe, but the one exception is Internet Explorer. That's a discussion for another time. All I will say is that Chrome and Safari are doing what Explorer did for the desktop: killing their rivals.

Back to Web Development: Although not technically challenging HTML has perhaps 60 or 70 tags, CSS similarly another 50 or 60 tags. It is a major challenge to remember all of these commands unless one is manually creating websites using HTML and CSS. Having said that HTML and CSS are a minor part of Web Development concerned primarily with static content and presentation style across the website and webpages. JavaScript is a programming language for the Browser platform with hundreds of Libraries

to make one's life easier. However, the plethora of libraries result in developers focussing on 3 or 4 as users, with only 1 or 2 libraries with which they may consider themselves experts.

4. Identifier Names

Another difficulty arises from using identifiers and creating identifiers. The importance of identifier names to make the programme easier to understand is not something that newcomers fully appreciate, what's more, when the programmers become more advanced and consider efficiency of the programs they have to consider obfuscation which seeks to make identifiers as compact as possible, i.e. using 1 or 2 obscure ascii characters (256 x 256 characters is plenty for even a very long program in terms of obscure identifiers).

The final increase in vocabulary comes from the identifiers used in a program.

This enormous increase in vocabulary in order to reason about and solve problems, is what seems the main difficulty when learning to program. Students struggle to articulate where they get stuck.

5. Teacher Expectations

There is no doubt that learning a high level language is easier if one has learnt Assembler first, similarly learning Object Oriented (OO) Programming is easier if one is an expert Pascal programmer. Students are expected to be OO programmers without being expert programmers. Without a good development environment that transition is extremely difficult.

In the author's experience learning OOP was best when using an IDE TogetherJ, which was a "roundtrip" development environment: Drawing a UML class diagram would instantly generate Java code on screen. Changing the code would modify the class diagram. The result that instead of diving straight into code, students had an incentive to develop UML diagrams first resulting in well designed code.

Some professors insist all students should learn Assembler because it boosts their ego… not understanding that Assembler has a small no of concepts in comparison to modern programming languages.

Who would write a Triple-A game entirely using Assembler? Only someone with a life sentence in prison. However, this attitude that programming must be difficult, generates an elitist attitude: only those that are really clever are able to write good computer programs, consequently everyone should highly respect computer programmers and computer science professors. It is a similar attitude that writes obscure code to make an employer think they are indispensable.

6. Vocabulary

In order to understand, solve problems and communicate solutions a programme has to become familiar with the vocabulary. It may be a coincidence but there are some words which frighten some people in the way the words are initially perceived: ”execute”, “terminate”, “hit”, “bug”, “crash”, even “run” may connote something that requires urgent escape from, and many experienced expert programmers don’t look like the kinds of people that are able to run either fast or for a long time. Those words when described to a parent might suggest one is in a threatening environment.

There are other words that are not simple concepts to explain to non-computer scientists: “polymorphism”, “abstraction”, “instantiation”, “constructor”, “interface”, “inheritance”, “protocol”, “encapsulation” etc. When learning these words, it takes quite some time to fully understand the concepts associated with them. As a result, students find it difficult to explain what they don’t understand about the concepts while learning. Take instantiation for example, these abstract concepts are much easier to understand if they can be “visualised”. If one considers a Class diagram as a software model, how does one portray instantiation? The Class Diagram is a static model, executing the program would be a dynamic model in which, following a call to new the object can come into existence, i.e. be instantiated.

7. Development Environment

TogetherJ was a superb development environment for both OO Java development and teaching OO development in Java. This was a round-trip development environment where the developer would enter a Class diagram graphically and the corresponding Java code would instantly appear in a window either below or to the side (fig. 5).

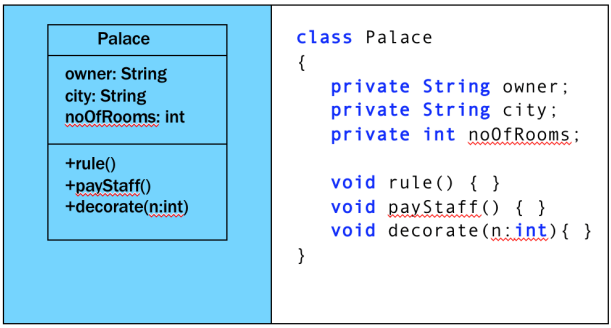


Fig. 5. TogetherJ UML roundtrip generated Java code

This worked really well for beginners because prior to TogetherJ students would invariably write a program first and then generate the design at the end. The benefit of modelling software by generating a class diagram first had clear benefits. The class diagram production in TogetherJ generated all of the Java class files in a package and all the syntax commands did not have to be remembered. Students still needed to know how to implement each of the methods on the class diagram but on a whole methods tend to be 20 lines, or less, in a well designed OO program.

Although this period of time coincided with the best ever student achievement it was shortlived because in 2003 Borland purchased TogetherJ for $185 million dollars and did not continue with a free site licence to universities. A Community Edition was provided but an Apple Mac solution was never well supported. The author is a mac user and students used Windows versions until the Community Edition ceased to be sorted around 2008. Since then Object Oriented Programming has continued to be extremely challenging to teach. Other roundtrip solutions exist but the author never found one as good as TogetherJ with immediate round-trip engineering. In the last couple of years Visual Paradigm has provided code generation from class diagrams but the impact on students isn't as good because the immediate impact of changes in the Class Diagram are not immediately seen in the code and vice versa is not possible. This affects beginners to OOP far more than experienced programmers.

8. Linear Programming

Professors who learnt Pascal or C programming in the 1970's and 1980's became linear programmers and have not researched the time taken to learn UI and Presentation skills, the asynchronous event handling processes, as well as the average time taken to learn OOP concepts. Without such research, we have little idea why learning to program today is so difficult. This doesn't include the time it takes to learn the concurrency/threading and program efficiency associated with mobile devices. Few Computer Science programmes provide practical experience of taking advantage of multicore systems to enhance efficiency and consequently battery power on a mobile device using Threads. Android's API level 12 onward (3.1) would run threads on multicore systems, if available [5].

Many Computer Science Departments cover these concepts theoretically, even though all the concepts covered in this paper can be implemented on existing computer systems and mobile devices. However, how does one cover:

1. client programming
2. server programming
3. event programming

4. OOP
5. Database Development
6. User Interface and User Experience
7. Thread/Concurrency Programming
8. Web Programming
9. network programming
10. systems programming
11. mobile app programming
12. cross-platform programming,
13. efficiency techniques to conserve battery power?

Each of these areas has a number of software patterns that need to be implemented to be appreciated. There are perhaps 200+ software patterns from searching and sorting, to client-server multi client patterns. One solution is to cover them all, theoretically. The problem is that programming is a practical skill, just like driving. No amount of reading, watching, or even experiencing someone driving, and having a commentary while they drive, will help someone to be a good driver. Similarly, the only way to become and expert programmer is to develop programs that solve the 100's of programming problems that exist. Eventually these numerous skills enable one to write any program. However, it takes more than a three year university course to become an expert programmer in all areas. In the area of mobile devices this is a major hindrance since mobile devices require programmers to have all the skills in the above list to be able to write any mobile app.

9. Research Gap

How long does it take the average student to become proficient with Quicksort, or to become proficient with polymorphism, or be able to provide a multiclient/server solution? etc? What percentage of learning on a Computer Science degree should be theoretical only, what about the percentage in an IT Management award?

10. Visual Programming

Using text-based programming languages, it is impossible to remember all the programming commands, libraries, classes and methods required to write programs. Visual Programming paradigms (fig. 6) have emerged which have provided mobile programming for young children. These, currently cloud based mobile development environments, have empowered those that professors would regard as incapable of developing mobile software are developing app that are inspiring children as well as adults all over the world.

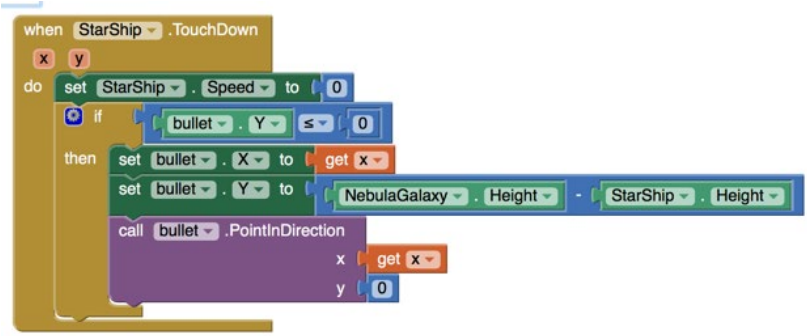


Fig. 6. AppInventor method for firing a bullet

The syntax errors that plague text-based programmers are obviated by the jigsaw puzzle style programming instruction shapes so that commands connect to each other visibly and immediately rather than waiting for the compiler to give an error message. It is this visual drag and drop jigsaw puzzle style assembly coupled with drawers of all the components available in the program (including variables, procedures and UI components the user has defined which does not require all commands to be memorised, one just needs to know where they are to be found.

Conclusion

In the early days of software development, programs could be written with 20 commands. This made it easy for programmers to know everything that could be used in a programming language to create all programs. Over the years computers, peripherals, the Internet, networking and, more recently, mobile devices have required hundreds more techniques and commands in order to become and expert. The problem that has arisen though, is that there are at least 40 reserved words in modern languages. There are perhaps 200+ software patterns. Who can remember them all? IDE commands and updates present another learning curve, where something may work today but be updated tomorrow and cease to work. The tens of libraries, the hundreds of classes and thousands of methods in those classes, make it impossible for any programmer, to develop without a search box constantly open, to search for solutions that the programmer can no longer remember having used the pattern never, or only once, or twice before.

The best tools for learning are not always available to universities with limited budgets. This has a significant impact on the learning experience, particularly for OOP.

Finally, the expectation of tutors may be unreasonable given there is no research conducted into how long it takes the average student to become proficient with particular software patterns. Only then can we adequately assess the time it takes for students to learn modules on Computer Science courses.

References

1. Basic commands [Electronic resource]. – Access mode : https://www.dartmouth.edu/basicfifty/commands.html
2. Bennedsen, J. Failure rates in introductory programming / J. Bennedsen, M. E. Caspersen // ACM SIGCSE Bulletin. – 2007. – Vol. 39. – №2. – P. 32-36.
3. Pascal – Basic syntax [Electronic resource]. – Access mode : https://www.tutorialspoint.com/pascal/pascal_basic_syntax.htm
4. Quora. What are the reserved Swift keywords? [Electronic resource]. – Access mode : https://www.quora.com/What-are-the-reserved-Swift-keywords
5. AT&T Development program. Multi Core Coding in Dalvik [Electronic resource]. – Access mode : https://developer.att.com/technical-library/device-technologies/multi-core-coding-in-dalvik

Математическое моделирование в стратегическом планировании развития ОПК

Ф. И. Ерешко[1] , e-mail: fereshko@yandex.ru
А. Ю. Мушков[2] , e-mail: moushkoff@mail.ru

[1] Вычислительный Центр ФИЦ ИУ РАН
[2] ФГУП «ВНИИ «Центр»

Аннотация. *Излагается системный подход к проблемам стратегического управления и планирования оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Описаны Основы государственной политики в области ОПК и этапы формирования Единого центра информационно-аналитического обеспечения решения системных задач развития ОПК. Уделяется внимание согласованию атрибутов инфраструктуры в принятии решений на основе Цифровой платформы: данные, алгоритмы, и модели. Приводится концептуальное описание иерархической теоретико-игровой модели производственного блока ОПК, модели анализа балансов финансовых потоков и модели ОПК как блока в системной модели развития экономики. Используются технологии моделирования, которые продолжают традиции рассмотрения процессов принятия решений с точки зрения отечественной теории исследования операций.*

Ключевые слова: *ОПК, развитие, стратегическое управление, системный подход, информационное обеспечение, принятие решений, исследование операций, математическое моделирование, динамика, сетевая модель, финансовые балансы, механизмы управления.*

Введение

Современное развитие экономики требует разработки новых эффективных механизмов решения социальных и экономических проблем. В частности, в последние годы в связи с разработкой Программ по цифровизации принципиальное значение приобретает вопрос общего системного подхода к разработке Цифровых платформ, где согласуются атрибуты инфраструктуры управления: данные, алгоритмы и модели. В первую очередь это связано с необходимостью сочетания централизации и децентрализации управления при усложнении технологических и организационных связей, что приводит к трансформации информационных потоков в экономике и процедур принятия решений.

© Ерешко Ф. И., Мушков А. Ю., 2021

Особое место среди экономических систем страны занимает оборонно-промышленный комплекс (ОПК), где наряду с техническими и экономическими проблемами необходимо принимать чрезвычайно ответственные оперативные решения по организационным и технологическим инновациям.

Оборонно-промышленный комплекс является составной частью военной организации государства, предназначен для обеспечения национальной безопасности, решения оборонных и социально-экономических задач страны.

Естественно, ОПК является частью экономического комплекса страны, но имеет и специфику, которую необходимо учесть в процессе моделирования.

В организационном плане это проявляется, прежде всего в формах управления.

Управление носит смешанный характер, осуществляется как государственно-плановое, директивное, так и рыночное воздействие.

В основном, упор делается на плановый характер Государственного Оборонного Заказа, через принятие решений в интересах государства на предприятиях с государственной собственностью, но учитываются и рыночные механизмы, в частности ценовые механизмы и спрос при производстве гражданской продукции и при поставках на экспорт.

Кроме того, имеется особенность в производимой продукции. Выпускаемая продукция подразделяется на три группы.

Основная продукция военного назначения в экономической терминологии носит характер не прямого товарного характера для потребления на внутреннем рынке, а услуги, обеспечивающей защиту от внешнего воздействия.

Основная военная продукция, поставляемая на внешний рынок, имеет характер рыночного товара. Продукция гражданского назначения является товаром прямого потребления, и входит в состав товаров рыночного характера.

Потребление в ОПК самых перспективных научных достижений мира имеет приоритетный характер в силу указанной специфической услуги.

Термин «Развитие ОПК» подразумевает изменение во времени характеристик состояния комплекса и предполагает, что позитивное улучшение состояния происходят в направлении прогресса составляющих комплекса и связывается с новейшими технологиями. Управление развитием предполагает осуществление воздействий на процесс развития ОПК, обеспечивающих улучшение характеристик его состояния.

Вследствие этого, при использовании математических моделей предполагается возможность выбора всех свободных переменных модели для улучшения по совокупности формально заданных целей. Таким образом, с методологической точки зрения для выработки и реализации рациональных управляющих воздействий необходимо построить модели изменения переменных состояния, определить параметры, могущие повлиять на развитие, определить цели и затем выработать стратегии в зависимости от наличной информации, ведущие к прогрессу управляемой системы.

1. Единое информационное пространство ОПК

Очевидно, что задача управления развитием ОПК является сложной задачей, требующей анализа большого объема данных при принятии решений по управлению, в том числе предполагает использование элементов математического моделирования в интересах принятия решений в процессе программно-целевого и ситуационного управления развитием ОПК.

С целью формирования эффективного инструмента информационного взаимодействия с заинтересованными Федеральными органами исполнительной власти (ФОИВ), интегрированными структурами и организациями ОПК при подготовке и решении широкого круга управленческих и производственных задач в сфере ОПК, начиная с 2012 года, Минпромторгом России разработана концепция и реализуются мероприятия по созданию и развитию Единого информационного пространства ОПК (далее – ЕИП ОПК) [1, 2].

В соответствии с Основами государственной политики в области развития ОПК России до 2025 года и дальнейшую перспективу, утвержденными Указом Президента РФ 23 февраля 2017 г. (далее – Основы-2025), развитие ЕИП ОПК является одним из приоритетных направлений реализации государственной политики в сфере ОПК.

Цель Основ государственной политики: повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции на основе стимулирования развития оборонно-промышленного комплекса.

Задачи государственной политики:

– стимулирование развития оборонно-промышленного комплекса на основе обеспечения развития и использования современных компьютерных технологий;

– продвижение продукции военного назначения на мировые рынки вооружений;

– создание условий для диверсификации и развития производства высокотехнологической продукции военного, гражданского и двойного назначения;

– обеспечение финансово-экономической устойчивости и развития кадрового потенциала организаций оборонно-промышленного комплекса.

ЕИП ОПК представляет собой территориально распределенные автоматизированные информационные системы и информационные ресурсы, объединенные общими правилами обмена данными и телекоммуникационной системой с защищенными каналами связи.

Реализация концепции развития ЕИП ОПК осуществляется по четырем ключевым направлениям (см. рис. 1):

– развитие нормативной базы и организационного обеспечения ЕИП ОПК;

– формирование инфраструктуры ЕИП ОПК;

– развитие тематических баз данных и сервисов ЕИП ОПК;

– создание интегрированного ресурса и организация информационного взаимодействия с внешними системами.

Создание и развитие тематических баз данных ЕИП ОПК основано на принципе сочетания централизованного и децентрализованного подходов к сбору, хранению и обработке информации.

Отметим, что Центр моделирования рассматривается, как один из блоков Схемы.

В настоящее время в обеспечение реализации Основ - 2025 создается Единый центр информационно-аналитического обеспечения решения системных задач развития ОПК (далее – ЕЦР ОПК, Единый центр), предназначенный для реализации взаимодействия с информационными системами ФОИВ, прежде всего с Минобороны России, а также с интегрированными структурами и организациями ОПК.

Центр моделирования ОПК является организационно-технической структурой, входящей в состав ЕЦР ОПК, в которой осуществляется весь комплекс мероприятий, связанных со сбором, обработкой данных, подготовкой на их основе комплекса моделей и проведения расчётов по различным сценариям в интересах подготовки рациональных (оптимальных) вариантов управленческих решений при программно-целевом и ситуационном управлении развитием ОПК

На рис. 2 представлена схема информационно-аналитического обеспечения функционирования Центра моделирования ОПК, обеспечивающего повышение обоснованности, достоверности и оперативности решения задач, связанных с:

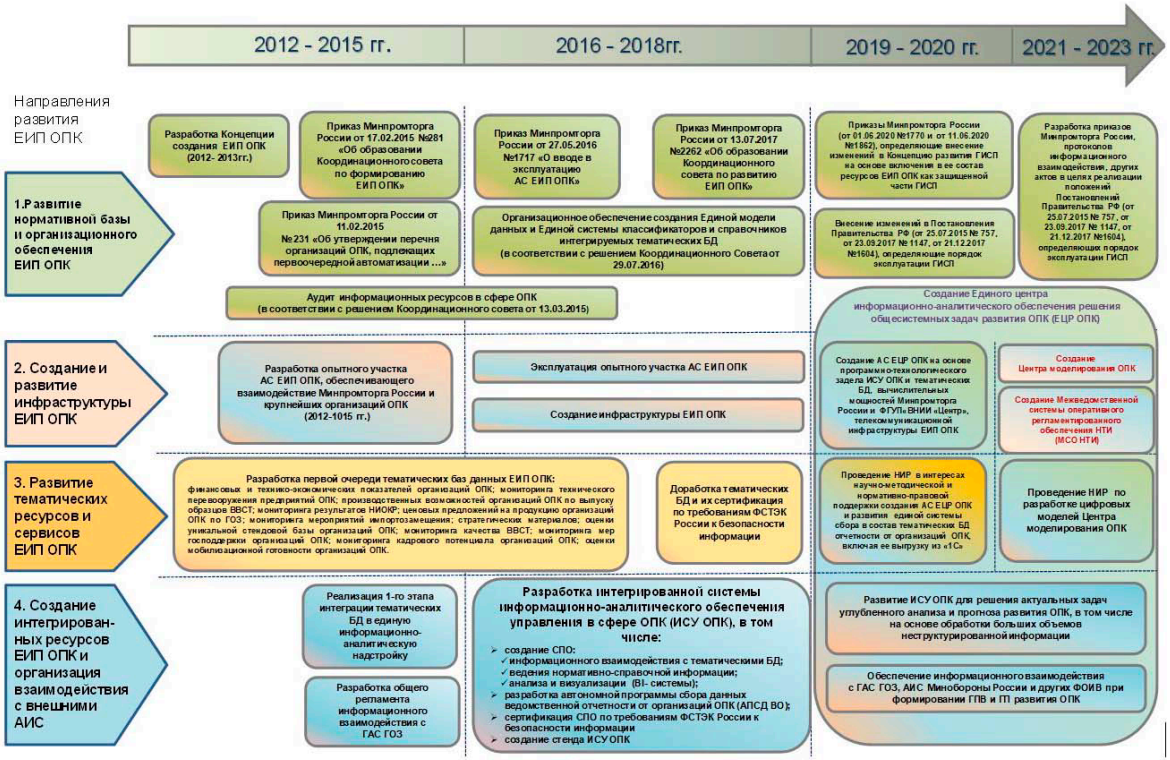


Рис. 1. Этапы создания и развития ЕИП ОПК

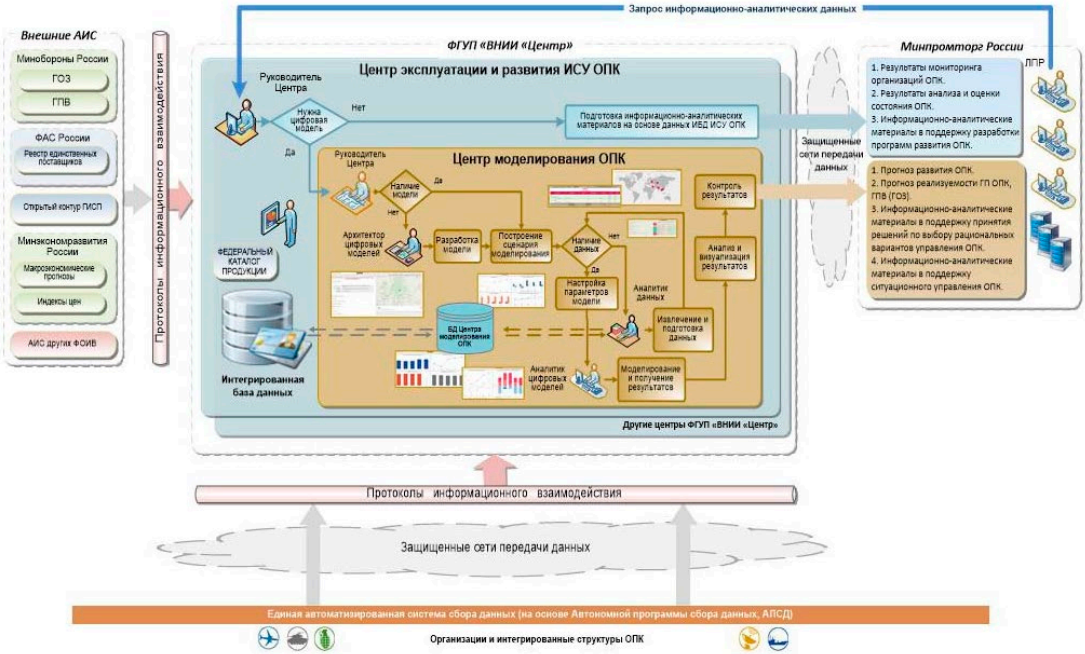


Рис. 2. Информационная модель функционирования Центра моделирования ОПК

– прогнозом развития ОПК (организаций, ИС, отраслей и ОПК в целом);

– прогнозом реализуемости мероприятий ГПВ и ГП ОПК, заданий ГОЗ;

– поддержкой принятия решений по выбору рациональных параметров управления ОПК;

– прогнозом негативных факторов и поддержкой принятия решений при ситуационном управлении ОПК.

Базовые принципы стратегического управления

Вопросам программно-целевого и ситуационного управления ОПК традиционно уделялось значительное внимание в академической литературе [3], что находит своё отражение и сейчас в соответствующей тематике и в регуляторном обосновании.

В настоящее время ОПК России является разветвлённым производственно-экономическим комплексом с централизованным стратегическим управлением и учётом экономических целей производства. Такой организационной структуре адекватно соответствуют модели принятия решений с иерархической структурой, широкий спектр которых был разработан в ВЦ ФИЦ ИУ РАН в рамках информационной теории иерархических систем академика Н.Н. Моисеева и профессора Ю. Б. Гермейера [4-10].

При решении задачи управления развития ОПК роль Центра выполняют органы государственного управления, ответственные за формирование и управление реализацией государственной программы развития оборонно-промышленного комплекса (ГП ОПК) (Минпромторг России и другие Федеральные органы исполнительной и законодательной власти РФ) и других государственных программ, в реализации которых участвуют организации и интегрированные структуры ОПК.

Разрабатываемые модели производственных отношений ориентированы на реализацию процедур согласования решений на этапе бюджетирования в рамках Стратегического планирования, и формирования планов-графиков и их корректировки на уровне всего ОПК, в соответствии с правовыми основаниями см. Федеральный закон от 05.04.2013 N 44-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2020), Статья 16. Планирование закупок и на Федеральный закон от 29.12.2012 N 275-ФЗ (ред. от 08.12.2020) "О государственном оборонном заказе" (с изм. и доп., вступ. в силу с 19.12.2020).

Базовая модель описывает развитие производства, динамику материальных (продукция, производственные фонды) и финансовых потоков (инвестиции, активы, обязательства, собственный капитал), содержит входящие и исходящие переменные, учитывает технологические связи, централизацию управления и экономические цели производства.

Базовая модель в реализованном виде является Цифровым двойником предприятия в описании общей системы Цифровой платформы ОПК.

2. Базовая модель отдельного предприятия

Опираясь на отечественный опыт разработок экономико-математических моделей [11-15] и учитывая имеющие в настоящее время принципиальное значение финансовые ограничения, принимается описание Предприятия ОПК в виде следующей Базовой модели, включающей в своем составе следующие основные блоки.

Материальный баланс.

Блок «Производство»: Следующие переменные относятся к шагу t: X_k^p – запасы продуктов на начало шага t (вектор соответствующей размерности), $\mathbf{z}_k^p$ – выпуск продуктов; $\mathbf{y}_k^{p,\varphi}$ – количество продуктов, идущих на создание производственных фондов (фондообразующие продукты); $\mathbf{y}_k^{p,p}$ – количество продуктов идущих непосредственно на производство (сырьевые продукты); $\mathbf{x}_k^{p,+}$ – количество продуктов поступающих на предприятие; $\mathbf{x}_k^{p,-}$ – количество продуктов уходящих с предприятия. Тогда динамика количества продуктов предприятия описывается следующим конечно-разностным уравнением:

$$X_k^p(t+1) = X_k^p(t) + \mathbf{x}_k^{p,+}(t) + \mathbf{z}_k^p(t) - -\mathbf{x}_k^{p,-}(t) - \mathbf{y}_k^{p,p}(t) - \mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t),$$

$$X_k^p(1) = X_k^{p,0}$$

Блок «Производственные фонды»: $X_k^{\varphi}(t)$ – количество производственных фондов на начало шага t (вектор соответствующей размерности), $\mathbf{z}_k^{\varphi}(t)$ – производственные фонды, созданные на шаге t. Динамика количества производственных фондов:

$$X_k^{\varphi}(t+1) = X_k^{\varphi}(t) + \mathbf{z}_k^{\varphi}(t),\ X_k^{\varphi}(1) = X_k^{\varphi,0}.$$

Блок «Труд»: $X_k^l(t)$ численность сотрудников различных специальностей на начало шага t (вектор размерности); $\mathbf{x}_k^l(t)$ – изменение численности персонала предприятия на шаге t.

$$X_k^l(t+1) = X_k^l(t) + \mathbf{x}_k^l(t).$$

Пусть $\mathbf{u}_k^p$ – вектор интенсивностей процессов производства, а $\mathbf{u}_k^\varphi$ – вектор интенсивностей процессов создания фондов. Запишем линейные соотношения, описывающие выпуск продукции и создание производственных фондов:

$$\mathbf{z}_k^p(t) = \mathbf{A}_k^p(t) \cdot \mathbf{u}_k^p(t),\ \mathbf{B}_k^p(t) \cdot \mathbf{u}_k^p(t) \le \mathbf{q}_k^p(t),$$

$$\mathbf{z}_k^\varphi(t) = \mathbf{A}_k^\varphi(t) \cdot \mathbf{u}_k^\varphi(t),\ \mathbf{B}_k^\varphi(t) \cdot \mathbf{u}_k^\varphi(t) \le \mathbf{q}_k^\varphi(t),$$

$$\mathbf{q}_k^p(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,p}(t), X_k^l(t), X_k^\varphi(t)\right),\ \mathbf{q}_k^\varphi(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t), X_k^l(t), X_k^\varphi(t)\right).$$

Здесь $\mathbf{A}_k^p$, $\mathbf{A}_k^\varphi$ – матрицы удельных норм выпуска продукции и создания фондов; $\mathbf{B}_k^p$, $\mathbf{B}_k^\varphi$ – матрицы удельных затрат выпуска продукции и создания фондов. Также мы ввели обозначения $\mathbf{q}_k^p(t)$ и $\mathbf{q}_k^\varphi(t)$ для векторов ресурсов, необходимых соответственно для производства продукции и создания фондов на шаге t.

Замечание о производственных функциях. Выше записаны соотношения в соответствии с производственной функцией Леонтьевского типа.

Предусматривается возможность использования в модели других видов производственных функций:

$$F_i\left(t, \mathbf{q}^p(t)\right) = a_i \cdot \left(\sum_{i \in I^p} \alpha_i \cdot \left(y_i^{p,p}(t)\right)^\rho + \sum_{r \in R^p} \alpha_r \cdot \left(X_r^l(t)\right)^\rho + \sum_{j \in J^p} \alpha_j \cdot \left(X_j^f(t)\right)^\rho \right)^{\beta/\rho}$$

CES функции.

$$F_i\left(t, q^p(t)\right) = a_i \cdot \prod_{i \in I^p} \left(y_i^{p,p}(t)\right)^{\alpha_i} \prod_{r \in R^p} \left(X_r^l(t)\right)^{\alpha_r} \prod_{j \in J^p} \left(X_j^f(t)\right)^{\alpha_j},$$

функции Кобба-Дугласа,

$$F_i\left(t, \mathbf{q}^p(t)\right) = \min\left(\min_{i \in I^\sigma} \alpha_i y_i^{p,p}(t), \min_{r \in R^p} \alpha_r X_r^l(t), \min_{j \in J^p} \alpha_j X_j^f(t) \right),$$

запись соответствует модели Леонтьева В. В.

Финансовый баланс. Переменные относятся к началу шага t:

M_k – касса предприятия; S_k^p – товарные запасы; S_k^φ – основные фонды; A_k – активы предприятия; L_k – обязательства; E_k – собственный капитал;

$$M_k(t+1) = M_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + H_k^c(t) - Q_k^{p,+}(t) - Q_k^{p,f} -$$
$$-Q_k^l(t) - \left(1+\gamma_k(t-1)\right)\cdot H_k^c(t-1),\ M_k(1) = M_k^0$$
$$S_k^p(t+1) = S_k^p(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) - U_k^{p,-}(t) - U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,\varphi}(t),$$
$$S_k^p(1) = S_k^{p,0}$$
$$S_k^\varphi(t+1) = S_k^\varphi(t) + U_k^{\varphi,z}(t) - U_k^{\varphi,-}(t),\ S_k^\varphi(1) = S_k^{\varphi,0}$$
$$A_k(t+1) = A_k(t) + M_k(t+1) - M_k(t) + S_k^p(t+1) -$$
$$-S_k^p(t) + S_k^\varphi(t+1) - S_k^\varphi(t),\ A_k(1) = A_k^0$$
$$L_k(t+1) = L_k(t) + H_k^c(t) - H_k^c(t-1),\ L_k(1) = L_k^0$$
$$E_k(t+1) = E_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) +$$
$$+U_k^{\varphi,z}(t) - Q_k^{p,+}(t) - U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,-}(t) -$$
$$-U_k^{p,\varphi}(t) - Q_k^l(t) - \gamma_k(t-1)\cdot H_k^c(t-1) - U_k^{\varphi,-}(t),$$
$$E_k(1) = E_k^0,$$

где $Q_k^{p,-}$ – поступления денежных средств в качестве оплаты за продукты, уходящие с предприятия;

$Q_k^{p,+}$ – оплата приходящих на предприятие продуктов;

$\mathbf{M}\,Q_k^l$ – оплата труда сотрудников предприятия;

$U_k^{p,+}$ – балансовая стоимость продуктов, приходящих на предприятие;

$U_k^{p,z}$ – балансовая стоимость произведенных продуктов;

$U_k^{p,-}$ – балансовая стоимость продуктов, уходящих с предприятия;

$U_k^{p,p}$ – балансовая стоимость продуктов, идущих на производство;

$U_k^{p,\varphi}$ – балансовая стоимость продуктов, идущих на создание производственных фондов;

$U_k^{\varphi,-}$ – амортизация производственных фондов,

$H_k^c(t)$ – заимствования предприятия по ставке $\gamma_k(t)$.

Пример задачи оптимизации в Базовой модели: одной из простейших может быть следующая. Выберем в качестве управления переменные $\mathbf{x}_k^{p,+}(t)$, $\mathbf{y}_k^{p,p}(t)$, $\mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t)$, $\mathbf{x}_k^{p,-}(t)$, $\mathbf{u}_k^p(t)$, $\mathbf{u}_k^\varphi(t)$, $H_k^c(t)$, $t = 1,\ldots,T$ и рассмотрим задачу

$E_k(T+1) \to \max$ (максимизация конечного капитала),

при условии неотрицательности управляющих и фазовых переменных $X_k^p(t)$, $M_k(t)$, $t = 2,...,T+1$, а также с учетом ограничений по ресурсам для выпуска продукции и создания производственных фондов, которые описываются соответствующими линейными неравенствами.

Эта модель с соответствующим информационным и программным обеспечением и есть Цифровой двойник предприятия в рамках рассмотрения Цифровой платформы ОПК.

В этой записи возможны различные постановки оптимизационных (централизация) и теоретико-игровых задач (децентрализация).

3. Сетевая модель группы предприятий

Рассмотрим теперь вопрос о деятельности всей совокупности предприятий, входящих в сферу ОПК и приведём совокупное описание моделей всех предприятий (Цифровых двойников), входящих в Цифровую платформу ОПК при веерном технологическом графе. Прежде всего отметим, что модель отражает *Иерархическую структуру управления.*

Можно рассматривать это описание, как описание производственной модели ОПК в целом.

Ограничимся отдельным вопросом организационно-технологического характера: приведём описание модели для оценки возможности выполнения Государственного оборонного заказа (ГОЗ) группой предприятий по выпуску конечных продуктов при заданных финансовых средствах.

Подчеркнём, что модели такого типа («грубые» модели) позволяют оценить качественные стороны принятия решений. Прежде всего они находят своё эффективное применение при разработке сценариев вычислительных экспериментов для имитационных систем на базе цифровых платформ при большой размерности модельных комплексов.

Но есть и другая сторона. Так в рамках указанных положений и конструкций были глубоко исследованы модели контрактов между активными экономическими системами.

Нобелевская премия 2016 года по экономике была присуждена Оливеру Харту (Гарвардский университет, США) и Бенгту Хольстрёму (Массачусетский технологический институт, США) за их вклад в теорию контрактов, которая базируется на моделях взаимодействия иерархического характера: Принципал-агенты. В Пресс релизе Нобелевского комитета отмечается, что проведенный авторами анализ оптимальных контрактов закладывает интеллектуальный фундамент для разработки стратегий и институтов во многих областях, от законодательства о банкротстве до политических конституций**.**

Прикладной смысл таких исследований – с одной стороны создание математического аппарата для анализа упрощенных моделей, позволяющих делать качественные выводы и, с другой стороны, формировать на модельном уровне представление о предмете исследований у лиц, принимающих решения на всех организационных уровнях.

Далее рассматривается один из вариантов описания на основе отечественной теории иерархических игр [16, 17].

Предполагаем, что организационно система состоит из трёх уровней:

Центр-интегрированные структуры (холдинги)-предприятия.

Субъекты. Оперирующую сторону в данной модели будем отождествлять с Центром (Минпромторг России, ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», ГК «Росатом» и другие Федеральные органы исполнительной и законодательной власти).

Далее, имеется некоторое число предприятий, разбитых на K интегрированных структур. Предприятия будем нумеровать двойными индексами kn, где k ($k = 1,\ldots,K$) – номер интегрированной структуры, n – номер предприятия ($n = 0,1,\ldots N$).

Здесь, чтобы не использовать лишних индексов, считаем, что число предприятий в каждой интегрированной структуре одинаково. Если это не так, то можно считать, что $N+1$ – максимальное число предприятий в интегрированной структуре, а в те структуры, в которых предприятий меньше, добавлены фиктивные предприятиями с очень большими затратами на производство (см. ниже).

Каждую интегрированную структуру будем отождествлять с ее головным предприятием, за которым зарезервируем индекс $n = 0$.

Технологические процессы. Будем рассматривать функционирование системы на отрезке времени $t = 1,2,\ldots,T$.

Пусть система способна выпускать I видов продукции. Обозначим $U = \mathbb{R}_+^I$.

Центр выбирает *объемы и сроки* ГОЗ, т.е. для каждой интегрированной структуры k задает набор $(u_1^k,...,u_T^k)$ векторов $u_t^k \in U$, $t = 1,2,\ldots,T$.

Кроме того, Центр устанавливает *цены продукции,* т.е. для каждого момента времени t выбирает вектор $p_t \in U$.

Таким образом, например, структура k в момент времени t получит от Центра за выполнение ГОЗ сумму, равную $p_t u_t^k$.

Производственные мощности. Состояние производственных мощностей предприятия kn в момент времени t описывается вектором

x_t^{kn} с неотрицательными компонентами. Множество всех таких векторов обозначим через X.

Опять же для простоты формул считаем, что размерности этих векторов для всех t и всех kn одинаковы, но в них могут быть нулевые компоненты.

В момент времени t предприятие kn выбирает вектор z_t^{kn} вновь создаваемых мощностей. Таким образом, динамика производственных мощностей задается формулой

$$x_{t+1}^{kn} = x_t^{kn} + z_t^{kn},\ t = 1,...,T,\ k = 1,...,K,\ n = 0,1,...,N.$$

Начальное значение x_0^{kn} считается параметром задачи.

За создание новых мощностей предприятие платит сумму $P_t z_t^{kn}$. Здесь вектор P_t с неотрицательными компонентами – параметр модели.

Выпуск продукции, затраты. В момент времени t предприятие kn выбирает объем выпуска продукции $v_t^{kn} \in U$, .

Разумеется, производство продукции связано с затратами. Будем считать, что эта связь описывается функцией

$$\Phi = \left(\varphi, \phi\right) : X \times U \to U \times W :$$

Здесь $\varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \in U$ – затраты продукции, производимой внутри ОПК, на производство продукции в количестве v_t^{kn} при наличии мощностей x_t^{kn}, $\phi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \in W$ – затраты на приобретение продукции, закупаемой извне ОПК.

Здесь вновь для упрощения формул считаем, что каждое предприятие может выпускать полную номенклатуру продукции, но затраты на выпуск «непрофильных» товаров (т.е. не соответствующих имеющимся мощностям), принимаются значительными для их исключения при расчёте.

Предположим, что предприятия, входящие в одну интегрированную структуру, могут обмениваться произведенной продукцией.

Обмены. Объем $\omega_t^{knm} \in U$ продукции, поставляемой предприятием n предприятию m в момент времени t определяется головным предприятием интегрированной структуры.

Управления головного предприятиям интегрированной структуры k должны удовлетворять ограничениям

$$v_t^{k0} + \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{kn0} - \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{k0n} - \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \geq u_t^k,\ t = 1,...T.$$

Обозначим через $U_t^{k0}(x_t^{k0}, u_t^k)$ множество наборов (управлений)

$$(z_t^{k0}, v_t^{k0}, \omega_t^{k00}, ..., \omega_t^{k0N}, \omega_t^{k10}, ..., \omega_t^{kNN}) \in X \times U^{N^2+1},$$

удовлетворяющих ограничению

$$v_t^{k0} + \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{kn0} - \sum_{n=1}^{N} \omega_t^{k0n} \geq u_t^k$$

(здесь для простоты записи принято $\omega_t^{knn=0}$, $n = 0,1,..., N$).

Управления предприятия n $(n \neq 0)$, входящего в интегрированную структуру *k* должны удовлетворять ограничениям

$$v_t^{kn} - \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \geq \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{knm} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{kmn}, \; t = 1,...T.$$

Обозначим через $U_t^{kn}(x_t^{kn}, \omega_t^{kn0}, ..., \omega_t^{knN}, \omega_t^{k0n}, ..., \omega_t^{kNn})$ множество пар $(z_t^{kn}, v_t^{kn}) \in X \times U$, удовлетворяющих условию

$$v_t^{kn} - \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) \geq \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{knm} - \sum_{m=1}^{N} \omega_t^{kmn}.$$

Интересы. Будем считать, что целью предприятий является максимизация прибыли.

Обозначим для краткости $\bar{z}^{kn} = (z_1^{kn}, ..., z_T^{kn})$, $\bar{v}^{kn} = (\bar{v}_1^{kn}, ...\bar{v}_T^{kn})$, $\bar{p} = (p_1, ..., p_T)$.

Для $n \neq 0$ прибыль предприятия *kn* задается формулой

$$g^{kn}(\bar{p}, \bar{z}^{kn}, \bar{v}^{kn}) = \sum_{t=1}^{T} p_t v_t^{kn} - \sum_{t=1}^{T} P_t z_t^{kn} - \sum_{t=1}^{T} p_t \varphi(x_t^{kn}, v_t^{kn}) -$$

$$- \sum_{t=1}^{T} \pi_t \phi(x_t^{kn}, v_t^{kn}).$$

Здесь π_t – вектор цен на товары, закупаемые вне ОПК. Это – параметр модели.

Считаем, что головное предприятие интегрированной системы является акционером остальных предприятий этой системы. Поэтому его прибыль выражается формулой

$$g^{k0}(\bar{p}, \bar{z}^{k0}, \bar{z}^{k1}, ..., \bar{z}^{kN}, \bar{v}^{k0}, \bar{v}^{k1}, ..., \bar{v}^{kN}) =$$

$$= \sum_{t=1}^{T} p_t v_t^{k0} - \sum_{t=1}^{T} P_t z_t^{k0} - \sum_{t=1}^{T} p_t \varphi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) - \sum_{t=1}^{T} \pi_t \phi(x_t^{k0}, v_t^{k0}) +$$

$$+\sum_{n=1}^{N}\alpha^{kn}g^{kn}(\bar{z}^{kn},\bar{v}^{kn}).$$

В этой формуле α^{kn} – доля головного предприятия в капитале предприятия kn.

В модели – это параметры.

Как было сказано, в данной модели предполагается, что любое предприятие в принципе способно выпускать любую продукцию в любом количестве, только такой непрофильный выпуск может сопровождаться очень большими затратами. Поэтому в рамках данной модели реализуемость ГОЗ естественно трактовать как безубыточность всех предприятий. Таким образом, Центру приписывается функция выигрыша

$$g(\bar{p},\bar{z}^{10},\bar{z}^{11},...,\bar{z}^{1N},...,\bar{z}^{KN},\bar{v}^{10},\bar{v}^{11},...,\bar{v}^{1N},...,\bar{v}^{KN}) =$$

$$= \min_{1\le k\le K}\min\left[g^{k0}(\bar{z}^{k0},\bar{z}^{k1},...,\bar{z}^{kN},\bar{v}^{k0},\bar{v}^{k1},...,\bar{v}^{kN}),\min_{1\le n\le N}g^{kn}(\bar{z}^{kn},\bar{v}^{kn})\right].$$

*Информированность и порядок ходов***.** Будем предполагать, что всем субъектам рассматриваемой системы точно известны ее параметры.

Считаем, что *первым принимает решение Центр*. Он выбирает управления $\bar{u}^{k}=(u_1^k,...,u_T^k),k=1,...,K$, и $\bar{p}=(p_1,...,p_T)$ и доводит до предприятий информацию о сделанном выборе.

Затем одновременно и независимо делают выбор головные предприятия.

Обозначим через $\bar{U}^{k0}(\bar{u}^{k})$ множество всех наборов $u_t^{k0}=(z_t^{k0},v_t^{k0},\omega_t^{k00},...,\omega_t^{k0N},\omega_t^{k10},...,\omega_t^{kNN}),\ t=1,...,T,$ удовлетворяющих условиям

$$u_t^{k0}\in U_t^{k0}(x_t^{k0},u_t^k),\ x_{t+1}^{k0}=x_t^{k0}+z_t^{k0},\ t=1,...,T.$$

Головное предприятие выбирает программу $\bar{u}^{k0}\in\bar{U}^{k0}(\bar{p},\bar{u}^{k})$ и сообщает о своем выборе предприятиям своей интегрированной структуры.

После этого одновременно и независимо производят свой *выбор остальные предприятия*. Предприятие kn выбирает свою программу $u_t^{kn}=(z_t^{kn},v_t^{kn}),\ t=1,...,T,$ из множества $\bar{U}^{kn}(\bar{u}^{k0})$ программ, удовлетворяющих условиям

$$u_t^{kn}\in U_t^{kn}(x_t^{kn},\omega_t^{kn0},...,\omega_t^{knN},\omega_t^{k0n},...,\omega_t^{kNn}),\ x_{t+1}^{kn}=x_t^{kn}+z_t^{kn},\ t=1,...T.$$

Принцип оптимальности. Будем считать, что все субъекты осторожны к имеющейся у них неопределенности. При этом они рассчитывают на рациональное поведение своих партнеров.

При описанной выше схеме принятия решений, предприятие kn ($n > 0$), выбирая управления, находится в ситуации, когда его выигрыш зависит только от его решения. Поэтому естественно считать, что оно выберет программу $\bar{u}^{kn}$ из множества

$$BR^{kn}(\bar{u}^{k0}) = \left\{ \bar{u}^{kn} \in \bar{U}^{kn}(\bar{u}^{k0}) : g^{kn}(\bar{p}, \bar{u}^{kn}) = \max_{w^{kn} \in \bar{U}^{kn}(\bar{u}^{k0})} g^{kn}(\bar{p}, \bar{w}^{kn}) \right\}.$$

Головное предприятие $k0$ может оценить это множество. Поэтому для него естественно выбрать свою программу $\bar{u}^{k0}$ из множества

$$BR^{k0}(\bar{u}^{k}) = \left\{ \bar{u}^{k0} \in \bar{U}^{k0}(\bar{u}^{k}) : \min_{\bar{u}^{k1} \in \bar{U}^{k1}(\bar{u}^{k0})} \dots \min_{\bar{u}^{kN} \in \bar{U}^{kN}(\bar{u}^{k0})} g^{k0}(\bar{p}, \bar{u}^{k0}, \bar{u}^{k1}, \dots, \bar{u}^{kN}) = \right.$$

$$\left. = \max_{\bar{w}^{k0} \in \bar{U}^{k0}(\bar{u}^{k})} \min_{\bar{u}^{k1} \in \bar{U}^{k1}(\bar{w}^{k0})} \dots \min_{\bar{u}^{kN} \in \bar{U}^{kN}(\bar{w}^{k0})} g^{k0}(\bar{p}, \bar{w}^{k0}, \bar{u}^{k1}, \dots, \bar{u}^{kN}) \right\}$$

(можно показать, что если все параметры α^{kn} строго положительны, то при обычных предположениях о множествах выборов максимум в этой формуле достигается).

Обозначим $BR^{k}(\bar{u}^{k0}) = BR^{k0}(\bar{u}^{k}) \times \prod_{n=1}^{N} BR^{kn}(\bar{u}^{k0})$.

Пусть Центр фиксировал программы $\bar{u}^{k} = (u_1^k, \dots, u_T^k), k = 1, \dots, K$, и $\bar{p} = (p_1, \dots, p_T)$. Тогда он может рассчитывать, что при рациональном поведении партнеров он получит выигрыш не меньший

$$\min_{(\bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}) \in BR^1(\bar{u}^{1})} \dots \min_{(\bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN}) \in BR^K(\bar{u}^{K})} g(\bar{p}, \bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}, \dots, \bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN}).$$

Вывод. Поэтому, если величина

$$\sup_{\bar{p} \in U^T} \min_{(\bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}) \in BR^1(\bar{u}^{1})} \dots \min_{(\bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN}) \in BR^K(\bar{u}^{K})} g(\bar{p}, \bar{u}^{10}, \bar{u}^{11}, \dots, \bar{u}^{1N}, \dots, \bar{u}^{K0}, \bar{u}^{K1}, \dots, \bar{u}^{KN})$$

положительна, или она неотрицательна и верхняя грань в последней формуле достигается, то ГОЗ $\left(\bar{u}^{1}, \dots, \bar{u}^{k}\right)$ реализуем.

Замечание о смешанных механизмах. В изложении не описан случай, когда Предприятие может реализовывать излишки продукции на внутреннем рынке по рыночным ценам. Формально это несложно учесть при описании выпусков продукции и интересов предприятий.

Тогда будет учтена специфика по смешанным механизмам управления отрасли, о чём упоминалось выше в разделе специфики.

В результате на основе данного описания построена Сетевая Модель, которая учитывает технологические и организационные связи всех предприятий ОПК. Сформулированная Сетевая Модель имеет вид теоретико-игровой модели с иерархической структурой, с приоритетом действий Центра и учётом связей между агентами технологического графа ОПК.

Задача принятия решений Центра сформулирована с учётом неопределённостей и рисков, что завершает построение общей системы математического обеспечения принятия решений производственным блоком ОПК.

4. Балансовые модели как первый этап освоения информационных ресурсов ОПК

В теоретической части описание следует [18, 19]. Естественным способом освоения (усвоения) интегрированной информационной системы ОПК является математическое моделирование, что позволяет проанализировать скрытые причинно-следственные связи и системность имеющейся информации. И первым этапом является анализ финансовых потоков между структурами ОПК на основе моделирования финансовых балансов.

Метод межотраслевого баланса В. В. Леонтьева успешно использовался в XX веке для анализа экстенсивного восстановительного роста экономики в США после великой экономической депрессии, а также и экономик европейских стран и Японии в послевоенное тридцатилетие. В последнее время стали разрабатываться сетевые модели межотраслевых связей для экономик мира, и гипотеза В. В. Леонтьева о постоянстве норм материальных затрат заменена гипотезой о постоянстве структуры финансовых затрат в процессе производства товаров и услуг с учётом их отраслевой дифференциации.

Эта гипотеза соответствует допущению, что производитель фиксирует пропорции своих расходов, в рамках которых в зависимости от ценовой конъюнктуры осуществляет материальные затраты, варьируя качество приобретаемых товаров и услуг.

Применительно к моделированию большого научно-производственного комплекса ОПК такая гипотеза представляется более адекватной, чем гипотеза В.В.Леонтьева. В отличии от леонтьевских

отраслевых производственных функций с постоянными пропорциями ей соответствуют производственные функции Кобба-Дугласа

Квадранты межотраслевого баланса ОПК. Абстрагируясь от содержательного смысла отраслей производства ОПК, перенумеруем их и будем различать по номерам $\{1,...,m\}$. В своей деятельности отрасли пользуются услугами и затрачивают продукцию других отраслей и получают за это оплату. Обозначим Z_i^j денежную сумму, полученную i-й отраслью от j-й отрасли за выполненные для неё работы. Здесь i и j принимают значения из $\{1,...,m\}$. Матрица $\left[Z_i^j \right]_{i=1,...,m}^{j=1,...,m}$ образует первый квадрант симметричной таблицы межотраслевого баланса.

Второй квадрант $\left[Z_i^j \right]_{i=1,...,m}^{j=m+1,...,m+k}$ образуют m-мерные столбцы оплаты продукции и услуг отраслей конечными потребителями (государственный заказ, экспорт, поставки товаров народного потребления). Здесь k – число выделенных конечных потребителей. В процессе своей деятельности отрасли используют первичные ресурсы, т. е. товары и услуги, не производимые внутри рассматриваемого комплекса отраслей, например, трудовые услуги, импортные комплектующие, товары и услуги, произведённые в другом секторе экономики.

Соответствующие m-мерные строки вместе со строками уплаченных налогов и прибылей образуют третий квадрант таблицы $\left[Z_i^j \right]_{i=m,...,m+n}^{j=1,...,m}$. Тест на проверку системности собранной информации заключается в проверке равенства суммы элементов i-й строки сумме элементов i-го столбца для любого $i \in \{1,...,m\}$:

$$\sum_{i=1}^{m+n} Z_i^j = \sum_{i=1}^{m+k} Z_j^i, \quad j = 1,...,m .$$

Будем предполагать, что это условие выполнено. Отметим, что

$$\sum_{j=1}^{m} \sum_{i=m+1}^{m+n} Z_i^j = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=m+1}^{m+k} Z_j^i .$$

Обратная задача заключается в построении на основе нелинейного межотраслевого баланса модели распределения ресурсов в форме задачи выпуклого программирования или вариационного неравенства, решение

которой воспроизводит симметричную таблицу межотраслевого баланса.

Построение производственных функций отраслей ОПК и ОПК в целом. Для идентификации модели нелинейного межотраслевого баланса построим m-мерный вектор

$$Z^0 = \left(Z_1^0, ..., Z_m^0\right), Z_i^0 = \sum_{j=m+1}^{m+k} Z_i^j \ ,.$$

и пусть $A_0 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=m+1}^{m+k} Z_i^j$ и $A_j = \sum_{i=1}^{n} Z_i^j, j = 1, ..., m$.

Рассчитаем коэффициенты

$$a_i^j = \frac{Z_i^j}{A_j}, i = 1, ..., m; j = 1, ..., m; b_i^j = \frac{Z_{m+i}^j}{A_j}, i = 1, ..., n; j = 1, ..., m;$$

$$a_i^0 = \frac{Z_i^0}{A_0}, i = 1, ..., m \ .$$

$$\sum_{i=1}^{m} a_i^j + \sum_{t=1}^{n} b_t^j = 1, \alpha_i^j \geq 0, b_t^j \geq 0, j = 1, ..., m; i = 1, ..., m; t = 1, ..., n;$$

$$\sum_{i=1}^{m} a_i^0 = 1, a_i^0 \geq 0, i = 1, ..., m \ .$$

Определим производственную функцию j-ой отрасли как функцию Кобба-Дугласа

$$F_j\left(X^j, l^j\right) = A_j \left(\prod_{i=1}^{m} \left(\frac{X_i^j}{Z_i^j} \right)^{a_i^j} \right) \left(\prod_{i=1}^{n} \frac{l_i^j}{Z_{m+i}^j} \right)^{b_i^j}, j = 1, ..., m;$$

функцию полезности конечных потребителей как функцию Кобба-Дугласа $F_0\left(X^0\right) = \prod_{i=1}^{m} \left(X_i^0\right)^{a_i^0}$, вектор предложения первичных ресурсов как $l = \left(l_1, ..., l_n\right), l_i = \sum_{j=1}^{m} Z_{m+1}^j, i = 1, ..., n$.

*Утверждение***.** Набор значений переменных

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{X}_i^0 = Z_i^0, i = 1, ..., m; \hat{X}_i^j = Z_i^j, j = 1, ..., m, \ i = 1, ..., m; \\ \hat{l}_t^j = Z_{m+t}^j j = 1, ..., m, \ t = 1, ..., n \end{array} \right\}$$

является решением задачи выпуклого программирования (1)-(4).

$$F_0\left(X^0\right) \to \max \ , \qquad (1)($$

1)

$$F_j\left(X^j, l^j\right) \geq \sum_{i=0}^{m} X_j^i, \ \ \left(j = 1, ..., m\right), \quad (2)(2)$$

$$\sum_{j=1}^{m} l^j \leq l, \quad (3)(3)$$

$$X^0 \geq 0, X^1 \geq 0, ..., X^m \geq 0, l^1 \geq 0, ..., l^m \geq 0. \quad (4)(4)$$

где X_i^j объём продукции i-ой отрасли, который используется в качестве производственных факторов (ПФ) в процессе производства в j-ой отрасли, а через $X^j = \left(X_1^j, ..., X_m^j\right)$ затраты j-ой отраслью ПФ производимых рассматриваемой группой отраслей. Будем также предполагать, что в процессе производства отрасли затрачивают в качестве ПФ первичные ресурсы n видов, т.е. продукты, не производимые рассматриваемой группой отраслей. Обозначим через $l^j = \left(l_1^j, ..., l_n^j\right)$ вектор затрат первичных ресурсов j-ой отраслью, а через $F_j\left(X^j, l^j\right)$ производственную функцию j-ой отрасли, т.е. зависимость выпуска j-ой отрасли от затрат ПФ.

Обозначим через $X^0 = \left(X_1^0, ..., X_m^0\right)$ объемы поставок производимой рассматриваемыми отраслями продукции внешним потребителям. Будем считать, что спрос внешних потребителей описывается с помощью функции полезности $F_0\left(X^0\right)$. Предложение первичных ресурсов рассматриваемой группе отраслей ограничено объемам $l = \left(l_1, ..., l_n\right) \geq 0$.

Рассматривается задача об оптимальном распределении этих ресурсов между отраслями в целях максимизации функции полезности внешних потребителей при балансовых ограничениях по первичным ресурсам и выпускаемой отраслями продукции.

Таким образом, построенная задача (1)-(4) с производственными функциями типа Кобба-Дугласа соответствует наблюдаемым исходным данным (симметричной таблице межотраслевых связей) финансовых потоков.

*Вывод***.** Построенные таким образом производственные функции используются в Цифровой платформе при расчётах в Моделях цифровых двойников и в имитационных экспериментах ниже.

Сценарии экспериментов. Примеры анализа межотраслевых связей. Модель оптимального распределения ресурсов при заданных производственных функциях позволяет анализировать межотраслевые финансовые потоки оплаты товаров и услуг при различных сценариях изменения внешних условий.

Сценарий изменения цен на импортные товары и услуги (комплектующие). Изменение внутренних цен на импортные товары и услуги может произойти в результате изменения курса иностранной валюты, изменения цен на мировом рынке или в результате возрастания транзакционных издержек при покупке необходимых импортных товаров и услуг в условиях санкционных ограничений.

Сценарий изменения расходов конечных потребителей. Изменение плана денежных расходов конечных потребителей может произойти в результате корректировки государственного заказа, изменений доходов от экспорта товаров и услуг и изменения доходов от реализации товаров народного потребления.

Сценарий изменения валютного курса. Валютный курс оказывает влияние на внутренние цены импортных товаров и услуг, а также на доходы от экспорта. В результате изменения цен на импортные товары и услуги вектор индексов цен на первичные ресурсы а изменения доходов от экспорта товаров в терминах модели выражаются в изменении вектора денежных расходов $\hat{Z}^0 = \left(\hat{Z}_1^0, ..., \hat{Z}_m^0\right)$.

5. Системный анализ развития ОПК

Приведём описание модели управления развитием отраслей ОПК, разработанную в рамках направления «Системный анализ развивающейся экономики» [20-23].

Потенциал системного подхода наглядно продемонстрирован в работе [21], где представлена фундаментальная летопись экономических реформ в новейшей истории России.

Этот позитивный опыт был использован для построения соответствующей модели ОПК, тезисы описания которой приведены ниже

Для целей иллюстрации в пленарном докладе приведём отдельные характерные фрагменты модельного описания.

Макроагенты в модели. Модели общего равновесия, являющиеся одним из основных элементов работ по направлению «Системный анализ развивающейся экономики» изначально предназначены для описания динамики национальной экономики или ее отдельных секторов. Как правило, в рамках прикладных моделей, работающих с реальной статистической информацией, упор делается на максимально

агрегированных агентов, таких как Совокупное домашнее хозяйство, Производитель, Банк и Собственник. Иногда отдельно выделяют агентов типа Инвесторов, Экспортер, Импортер, а также посредников на рынке товаров, труда и капитала, но, как правило, это единственные агенты такого типа в описываемых моделях.

Базовая версия и производитель. В настоящей работе использована базовая версия модели общего равновесия российской экономики, в которой взаимодействуют агенты Производитель, Потребитель, Банк, Собственник, Государство, Центральный Банк и Нерезидент. При этом агент «Производитель» разделяется минимум на два агента, один из которых используется для описания функционирования экономики вне ОПК, а второй – наоборот сам представляется собой агрегированное описание ОПК, при этом важно отметить, что агентов такого типа в зависимости от потребностей описания требуемых явлений может быть и больше. Главным отличием этих агентов между собой являются типы используемых производственных функций, параметры финансовых операций и ограничений, а также взаимодействие с агентом «Государство» в части финансирования, инвестиционной деятельности и государственного потребления (особенно в рамках оборонного заказа).

Блок производитель. В простейшем случае производство реального продукта $Y_J(t)$ можно описать линейной производственной функцией $Y_J(t) = AM_J(t) + R_J(t)e^{b(t-t0)} + Y_0$, а динамику фондов балансовым уравнением

$$\frac{d}{dt}M_J(t) = J_J\left(t\right) - \kappa M_J\left(t\right)$$

где $R_J(t)$ – численность занятых, а $M_J(t)$ – эффективные производственные фонды, а $J_J(t)$ – покупки фондообразующего продукта, который, в рамках одно продуктовой модели составляет некоторую часть $Y_J(t)$.

Считается, что Производитель действует в интересах своих акционеров и поэтому стремится максимизировать традиционный функционал ожидаемой полезности реальных дивидендов

$$\int_{t0}^{T}\left(\frac{Z_J\left(t\right)}{z_y\left(t\right)}\right)^{1-\eta} e^{-\Delta t}dt \to \max,$$

где $Z_J(t)$ – дивиденды, а параметры: $z_y(t)$ – коэффициент соизмерения, Δ – предпочтение времени, η – отвращение к риску рассматриваются как настроечные параметры модели.

Банк. Выдавая кредит Производителю, банк исходит из тех же представлений о сроке и проценте, что и Производитель, поэтому банк планирует выдачу ссуд $L(t)$ в зависимости от объемов вновь привлекаемых кредитов $K(t)$ в рамках соотношений,

$$\frac{d}{dt}L_B(t) = K_B(t) - \beta_l L_B(t),$$

$$K_B(t) \geq 0,\ ML_B(t) = -K_B(t) + \left(\beta_l + r_l(t)\right)L_B(t).$$

Здесь учтено, что банк планирует дать (предложение ссуд), а Производитель планирует взять (спрос на ссуды), и их естественное равенство оказывается нетривиальным условием равновесия, которое, в конечном счете, определит величину процента.

Банк, как и Производитель, является коммерческой организацией, действующей в интересах собственников, поэтому целью Банка будем считать максимизацию функционала ожидаемой полезности потока реальных дивидендов, который записывается формально также, как у Производителя.

Блок «Труд». Продавая труд по ставке зарплаты, получая из бюджета трансферты и оплачивая потребительский продукт, источник труда получает чистые доходы (возможно отрицательные). Предполагается, что в Блоке «Труд» максимизируют ожидаемую полезность потребления.

Блок «Собственник». Собственник определяет номинальный акционерный капитал Производителя (число выпущенных и размещенных акций). Акции имеют доходность, поэтому с учетом их покупки по курсу операции с акциями приносят собственнику чистый доход. Предполагается, что собственник максимизирует ожидаемую полезность потока валюты.

В блоке «Государство» описывается исполнение расширенного бюджета, объединяющего национальный, региональные и местные бюджеты, а также внебюджетные фонды.

Доход широкого бюджета формируется за счет налогов и пошлин. Государство назначает ставки, а поступления оно прогнозирует, поэтому величина налоговых поступлений является информационной переменной $Tax_x(t)$.

Расходы широкого бюджета состоят из выплат населению $SB_G(t)$, расходов $p_y(t)G_G(t)$ на оплату государственного потребления $G_G(t)$ по рыночной цене $p_y(t)$ и расходов $w_w(t)LdW_G(t)$ на внешние выплаты в

валюте $LdW_G(t)$ Величина $LdW_G(t)$ может быть отрицательной, что отвечает поступлениям в бюджет потока денег за счет внешних заимствований.

Положительная разница между доходами и расходами бюджета, так или иначе, покрывается внутренними заимствованиями, накопление которых образует внутренний государственный долг $B_G(t)$. Мы предполагаем, что кредитором государства выступает только Центральный банк, поэтому кредиты можно считать беспроцентными

Центральный банк (ЦБ) представляет собой часть системы государственного управления, но по закону он обязан обеспечивать собственную безубыточность и обладает большой самостоятельностью маневрирования валютными резервами и кредитами, поэтому его описание выделяется в модели в отдельный блок. В модели поведение ЦБ описывается сценарием изменения обменного курса и спросом государства на кредиты.

ЦБ покупает или продает валюту на бирже, что изменяет величину золотовалютных резервов, а также дает государству беспроцентный кредит по его запросу. Расходы ЦБ на покупку валюты и кредитование государства покрываются эмиссией**,** которая изменяет денежную базу.

Блок «Экспортер». Международная торговля в модели описывается двумя сравнительно простыми блоками: «Экспортер» и «Импортер».

Покупка продукта для экспорта на внутреннем рынке требует затрат. Продукт затем продается на внешнем рынке по сложившейся мировой цене, что приносит Экспортеру валютную выручку.

Блок «Импортер». В рамках односекторной модели объем импорта задается найденным эмпирически соотношением.

Описание блока «Производитель продукции ОПК». Функции агента в модели общего равновесия. Производитель осуществляет следующую деятельность:

– нанимает рабочую силу, которую в модели предоставляет агент «Домашние хозяйства»,

– использует квалификацию труда и несет затраты на повышение его квалификации,

– использует основные фонды для производства продукции и инвестирует в их восстановление и наращивание,

– использует научные разработки (в модели условно называются научным капиталом),

– продает произведенную продукцию для внутреннего потребления и на экспорт,

– несет дополнительные расходы на логистику произведенного товара,

– получает, использует и возвращает кредиты,

– поддерживает объем необходимых для текущей деятельности ликвидных средств,

– выплачивает налоги,

– выплачивает полученную прибыль собственнику – Государству.

Вывод по описанию. Модель позволяет анализировать изменение основных макроэкономических переменных, характеризующих процессы, происходящие в экономике страны и влияющие на состояние предприятий ОПК. В рамках модели могут быть оценены не только прямые эффекты изменения внешних переменных (например, импортных цен, обменного курса или внешнего спроса), но и косвенные эффекты, связанные с реакцией экономических агентов остальной экономики на эти изменения, и корректировка их отношений с предприятиями ОПК.

Анализ влияния изменения экономических механизмов в модели. С помощью модели возможен глубокий анализ эффектов, происходящих в национальной экономике. Фактически модель в том виде, в котором она записана сейчас, представляет собой описание механизмов, действующих в российской экономике в настоящее время. Изменение этих механизмов, связей между агентами и принципов их поведения, в целом, также может быть проанализировано с помощью модификации представленной модели.

Следует отметить, что такой анализ – задача более трудная, чем описанные выше сценарии различных экономических политик, поскольку требуется фактически возврат на этап постановки задач агентов и их корректировка.

Тем не менее, при всей трудности такого анализа, он позволяет сделать содержательные выводы относительно степени и направления влияния тех или иных наборов механизмов на деятельность предприятий ОПК. К числу таких механизмов может быть отнесены, например, программа инвестирования в крупные национальные проекты и развития инфраструктуры за счет целевого кредитования, программа выпуска долгосрочных государственных бумаг под проектную деятельность, или, например, изменение механизмов финансового взаимодействия с внешним миром. Более того, в перспективе может быть поставлен вопрос о выборе наиболее эффективных механизмов экономической деятельность отдельных агентов экономики и экономической системы в целом.

Заключение

Приводится описание Единого информационного пространства ОПК и комплекса математических моделей, которые обеспечивают в совокупности, на основе целостной и взаимоувязанной методологии системного подхода использование алгоритмов, программных комплексов прогнозирования и систем поддержки принятия решений на разных уровнях управления развитием ОПК.

Комплекс концептуальных математических моделей управления развития ОПК включает в себя:

1. Базовая модель производства ОПК.

Базовая модель предприятия описывает развитие производства, динамику материальных (продукция, производственные фонды) и финансовых потоков (инвестиции, активы, обязательства, собственный капитал), с учётом технологий и целей производства.

Сетевая модель отвечает на вопрос: какое распределение финансовых средств и ресурсов между предприятиями обеспечивает выполнение заданного Государственного Оборонного Заказа (ГОЗ) при учёте их экономических интересов?

2. Модель нелинейных отраслевых балансов финансовых потоков на Цифровой платформе ОПК.

Отвечает на вопрос для ОПК в целом в серии вычислительных сценариев: как проанализировать межотраслевые финансовые потоки оплаты товаров и услуг при выполнении ГОЗ для различных сценариев изменения внешних условий на основе модели оптимального распределения ресурсов при заданных производственных функциях.

3. Модель Системного анализа развития экономики ОПК.

Отвечает на вопрос: какие возможно внести изменения в механизмы управления, в государственное регулирование рыночной экономики для удовлетворения запроса в выпуске побеждающего вооружения. Модель ориентирована на Стратегический уровень принятия решений, на уровень целеполагания Центра (совокупности Федеральных органов исполнительной и законодательной власти).

Разработка информационно-аналитического комплекса обеспечивает повышение обоснованности, достоверности и оперативности решения задач должностными лицами Федеральных органов исполнительной и законодательной власти России в процессе программно-целевого и ситуационного управления развитием ОПК.

Список литературы

1. Довгучиц, С. И. Развитие единого информационного пространства оборонно-промышленного комплекса как инструмента межведомственного информационного взаимодействия при решении задач в области обороны Российской Федерации / С. И. Довгучиц, А. Ю. Мушков // Материалы научно-практической конференции в Федеральном государственном казенном военном образовательном учреждении высшего образования «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации. – СПб.: Военная академия связи, 2019.

2. Довгучиц, С. И. Совершенствование процесса межведомственного информационного взаимодействия на основе механизмов Единого центра информационно-аналитического обеспечения решения общесистемных задач развития ОПК / С.И. Довгучиц, А. Ю. Мушков // Материалы V-й Межведомственной научно-практической конференции в Национальном центре управления обороной Российской Федерации. – М. : НЦУО РФ, 2019.

3. Поспелов, Г. С. [Электронный ресурс]: к 100-летию со дня рождения Г. С. Поспелова. – Режим доступа : http://www.ccas.ru/pospgerm/pospgerm.htm

4. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – отд. изд. – М. : Наука, 1981. – 488 с.

5. Гермейер, Ю. Б. Введение в теорию исследования операций./ Ю. Б. Гермейер. – 1-е изд.– М. : Наука, 1971. – 384 с.

6. Гермейер, Ю. Б. О некоторых задачах теории иерархических систем управления / Ю. Б. Гермейер, Н. Н. Моисеев ; Сб. «Проблемы прикладной математики и механики». – 1-е изд. – М. : Наука, 1971. – 384 с.

7. Ватель, И. А. Игры с иерархической структурой: в 2-х т. / И. А. Ватель, Ф. И. Ерешко // Математическая энциклопедия. – Москва : Советская Энциклопедия, 1979. – Т. 2 – С. 478-482.

8. Ватель, И. А. Игры с фиксированной последовательностью ходов и иерархические системы управления в экономике. / И.А. Ватель, Ф.И. Ерешко, А.Ф. Кононенко // В сб. Методы оптимизации и их приложения. – Иркутск: СЭИ АН СССР, 1974. – С. 86-99.

9. Ерешко, Ф. И. Теоретико-игровой подход к моделированию экономических и государственных механизмов / Ф. И. Ерешко, В. И. Меденников // ВЦ АН СССР. – 1983. – С. 4-44.

10. Игровые операционные модели процесса федерально-регионального управления развитием ОПК РФ / А. Ф. Кононенко, Н. П. Карпусь, А. Г. Кузин, В. В. Шевченко // Научно-технический журнал «Системы и средства связи, телевидения и радиовещания». М. : Федеральное агентство по промышленности, ОАО «ЭКОС». – 2007. – №1, 2. – С. 23-31.

11. Клейнер, Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. / Г. Б. Клейнер. – М. : Финансы и статистика, 1986. – 240 с.

12. Иванов, Ю.Н. Теоретическая экономика. Теория оптимального предприятия. / Ю. Н. Иванов, Р. А. Сотникова. – отд. изд. – М. : ЛЕНАНД, 2012. – 224 с.

13. Ерешко, Ф. И. Модель финансовой Коалиции в динамике. / Ф.И. Ерешко // Автоматика и Телемеханика. – 2018. – № 10. – С. 76-94.

14. 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.

15. Ерешко, А. Ф. Методы декомпозиции и локально-оптимальные стратегии в задачах управления портфелем ценных бумаг / Ф. И. Ерешко; ВЦ РАН, 2002. – 80 с.

16. Ерешко, Ф. И. Математические модели и методы принятия согласованных решений в активных иерархических системах / Ф. И. Ерешко; дисс. на соискание уч. степ. докт. тех.наук, Специальность: 05.13.10 Управление в социальных и экономических системах. – М. :ИПУ РАН, 1998. – 324 с.

17. Горелов, М.А. Информированность и децентрализация управления / М. А. Горелов, Ф. И. Ерешко //Автоматика и телемеханика, 2019. – №6. – С. 156–172.

18. Шананин, А. А. Двойственность по Янгу и агрегирование балансов / А. А. Шананин // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления. 2020. – Т. 493. – С. 81-85.

19. Асемоглу, Д. Введение в теорию современного экономического роста: в 2 кн. / Д. Асемоглу. – М. : Издательский дом «Дело», РАНХ и ГС, 2018. – 1624 с.

20. Петров, А. А. Опыт математического моделирования экономики / А. А. Петров, И. Г. Поспелов, А. А. Шананин. – М. : Энергоатомиздат, 1996. – 563 с.

21. Петров, А. А. Модельная «летопись» российских экономических реформ [Электронный ресурс] / А. А. Петров, И. Г. Поспелов – Режим доступа:

22. http://isir.ras.ru/win/db/show_ref.asp?P=.id-23268.ln-ru

23. Технология моделирования экономики и модель современной экономики России / М. Ю. Андреев, И. Г. Поспелов, И. И. Поспелова, М. А. Хохлов. – М. : МИФИ, 2007. – 262 с.

24. Поспелов, И. Г. Системный анализ рыночной экономики: учеб. пособие / И. Г. Поспелов. – М. : МФТИ, 2018. – 142 с.

Секция 1
Методы и технологии разработки программных систем

Использование диаграммы Вороного на плоскости в трехмерных моделях для последующего разбиения на фрагменты

О. В. Авсеева, email: olga-avseeva@mail.ru
Н. М. Чернышов, email: nik.m.chernyshov@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматриваются вопросы использования диаграммы Вороного на плоскости для создания трехмерной модели объекта, допускающей последующее разделение на элементы, представляющие собой ячейки диаграммы.*

Ключевые слова: *диаграмма Вороного, метод декомпозиции, трехмерная модель стены, ячейка Вороного, полигональная сетка.*

Введение

Диаграмма Вороного является фундаментальной геометрической структурой, широко используемой в современной науке, а также при решении практических задач, в частности, в вычислительной геометрии и компьютерной графике. С ее помощью строятся различные сетки, разбиения поверхностей, осуществляется поиск кратчайшего пути между объектами, ближайших соседей и многое другое. Настоящая работа посвящена построению диаграммы Вороного на плоскости, а затем созданию на ее основе трехмерной модели объекта (стены), которая впоследствии разбивается на отдельные модели по ячейкам Вороного. Полученные разбиения могут использоваться для симуляции разрушений, например, в компьютерных играх или 3D-визуализациях.

1. Теоретические сведения о диаграмме Вороного

Под классической диаграммой Вороного для набора точечных объектов на плоскости понимается разбиение плоскости на ячейки Вороного, каждая из которых является геометрическим местом точек, расположенных ближе к данному объекту, чем к остальным. В качестве меры близости в работе используется евклидово расстояние.

На рис. 1 приведен пример диаграммы Вороного. Вершины многоугольников определяют вершины диаграммы Вороного, а соединяющие их отрезки – ребра диаграммы Вороного.

© Авсеева О. В., Чернышов Н. М., 2021

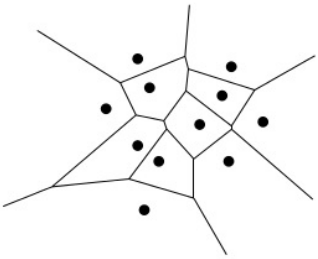


Рис. 1. Диаграмма Вороного для 11 точек

В настоящее время известно множество алгоритмов построения диаграммы Вороного на плоскости, имеющих разную эффективность. Наилучшие алгоритмы имеют эффективность O(n·logn), среди них следует отметить метод Форчуна и алгоритм, основанный на методе декомпозиции. Для пространств большей размерности эффективные алгоритмы разработаны пока только для частных случаев, в общем же случае применяются приближенные алгоритмы.

2. Реализация алгоритма построения диаграммы Вороного

Для построения диаграммы Вороного на плоскости был выбран алгоритм, основанный на методе декомпозиции, описанный в [1]. Данный алгоритм был модифицирован с учетом ограниченной прямоугольной области построения. Кроме того, предложено разрешение конфликтной ситуации, возникающей при построении диаграммы для трех точек (рис. 2).

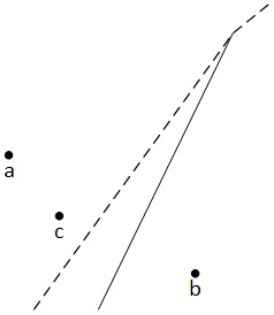


Рис. 2. Конфликтная ситуация в случае трех точек в подмножестве

3. Построение трехмерной модели стены с применением диаграммы Вороного

На основе диаграммы Вороного в редакторе Unity была построена трехмерная модель стены таким образом, чтобы каждая ячейка обладала некоторой заданной глубиной и была отдельным элементом, не соединенным с остальными. Полученная стена может использоваться для симуляции разрушений в компьютерной графике. Пример такой стены изображен на рис. 3.

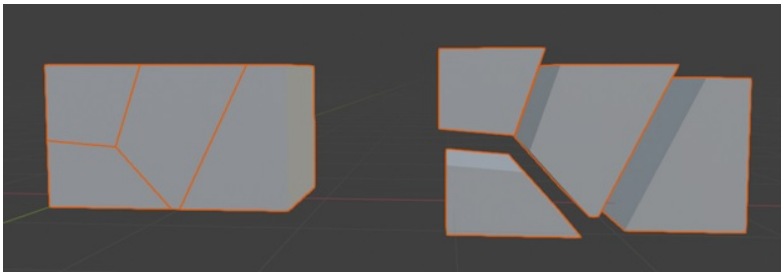


Рис. 3. Модель стены, состоящей из ячеек Вороного с заданной глубиной. Слева – собранная стена, справа – составные части стены

4. Результаты моделирования

Для того, чтобы можно было воспользоваться созданными полигональными сетками вне редактора Unity, данные мешей (меш, англ. mesh – это сетка полигонов, из которых состоит любой 3D-объект в компьютерной графике) были записаны в одном из общепринятых форматов файлов, используемых для хранения элементов 3D-графики. С этой целью был реализован экспортер, на вход которому подается массив Game Object объектов, а на выходе формируется файл формата OBJ, который содержит только информацию о 3D-геометрии: позицию каждой вершины, связь координат текстуры с вершиной, нормаль для каждой вершины, а также параметры, которые создают полигоны.

В результате была получена модель стены, имеющая корректное освещение и адаптированная для работы в редакторе Blender. На рис. 4 показан пример полученной трехмерной стены, разбитой на фрагменты.

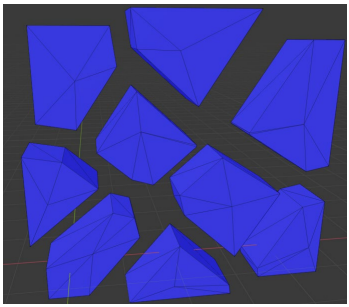


Рис. 4. Фрагменты трехмерной стены

Заключение

Проведенные исследования показали, что использование диаграммы Вороного является удобным инструментом программного создания трехмерных объектов, которые можно разделить на произвольное число составных частей по заданным координатам центров ячеек Вороного. Результаты такого моделирования были использованы при создании компьютерной игры для симуляции разрушений препятствий при соответствующих действиях игрока.

Список литературы

1. Voronoi Diagram using Divide-and-Conquer Paradigm [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.personal.kent.edu/~rmuhamma/ Compgeometry/MyCG/Voronoi/ DivConqVor/divConqVor.htm

Анализ типов сетевого взаимодействия в системе подтверждения подлинности электронных документов

А. А. Алексейкин, e-mail: alexeykin.aleksandr@gmail.com
А. А. Сабынин, e-mail: sabyninanton@gmail.com
А. А. Шавин, e-mail: tyrkinskii@mail.ru
А. А. Карнюшин, e-mail: lion2997@mail.ru
Д. С. Снегирев, e-mail: ivan.makeev.93@bk.ru

Федеральное государственное автономное учреждение
«Военный инновационный технополис «ЭРА»

Аннотация. *В статье описаны существующие типы сетевого взаимодействия в сети, проведен анализ и возможность их применения в частной блокчейн системе подтверждения подлинности электронных документов.*

Ключевые слова: *сетевое взаимодействие, одноранговая сеть, многоранговая сеть, консенсус, распределенный реестр, распределенные системы, blockchain, блокчейн, блокчейн-технологии.*

Введение

На базе Технополиса «ЭРА» проводятся исследования по внедрению технологии блокчейн и разрабатывается макет системы подтверждения подлинности электронных документов – «Консенсус».

Данная система разрабатывается на основе изобретения «Система защищенного электронного документооборота и способ автоматизированного контроля ее инфраструктуры на основе технологии распределенных реестров (блокчейн)» и на данном этапе ограничивается следующими подсистемами [1]:

– «Шифрование и электронная подпись»;
– «Алгоритм консенсуса» [2];
– «Доверенное время» [3];
– «Документ»;
– «Пользователь»;
– «Сеть»;
– «Вид».

Одним из модулей системы является модуль «Сеть», который выполняет функции рассылки блоков между узлами, функции синхронизации, функции сообщения узлов.

© Алексейкин А.А., Сабынин А.А., Шавин А.А., Карнюшин А.А., Снегирев Д.С. 2021

Существуют две основные модели сетевого взаимодействия, в зависимости от функций участников сети:

– одноранговая сеть;
– многоранговая сеть.

Критериями выбора архитектуры сетевого взаимодействия, для применения в системе подтверждения подлинности электронных документов, являются:

– децентрализация;
– надежность.

1. Одноранговая сеть

Одноранговая или пиринговая сеть – это компьютерная сеть, основанная на равных правах участников информационного обмена (рис. 1). В такой сети отсутствуют выделенные серверы, а каждый узел является как клиентом, так и сервером [4].

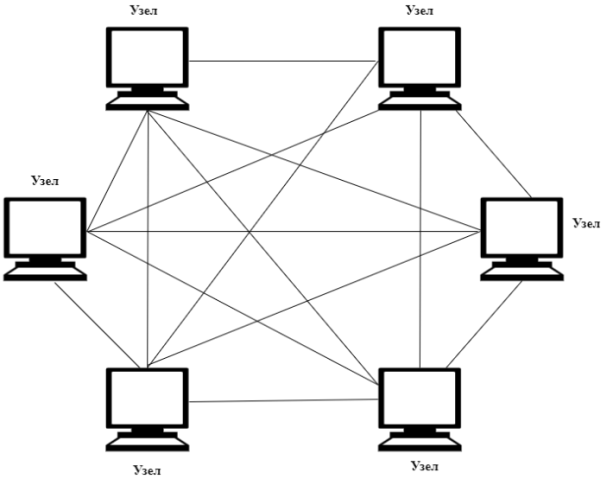


Рис. 1. Одноранговая сеть

Достоинства одноранговой сети:

1. Возможность совместного использования участниками вычислительных мощностей, пропускной способности. Данные при этом разделяются в обоих направлениях быстро.
2. Отсутствие централизованного администрирования.
3. Способность обрабатывать большие объемы данных путем распределения нагрузки между своими ресурсами.

4. Надежность. При отключении одного устройства сеть продолжает свою работу.
5. Возможность расширения [5].
6. Простота настройки.

Недостатки:

7. Существует возможность запуска компьютерных атак типа «отказ в обслуживании».
8. Возможна передача поврежденных данных путем изменения уже находящихся в сети файлов для введения вредоносного кода.

2. Многоранговая сеть

Многоранговая сеть – это компьютерная сеть, в состав которой входят один или несколько выделенных серверов. Остальные компьютеры выступают в роли клиентов [6].

Клиент-сервер – вычислительная или сетевая архитектура (рис. 2), в которой задания или сетевая нагрузка распределены между серверами и клиентами. Клиенты и серверы взаимодействуют через компьютерную сеть и могут быть как различными физическими устройствами, так и программным обеспечением.

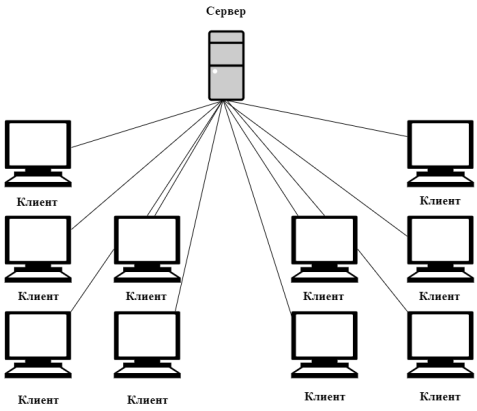


Рис. 2. Клиент-серверная архитектура

Достоинства:

– на сервере проще обеспечить контроль полномочий, чтобы разрешать доступ к данным только клиентам с соответствующими правами доступа;

– использовать ресурсы одного сервера часто могут клиенты с разными аппаратными платформами, операционными системами.

Недостатки:

– неработоспособность сервера может сделать неработоспособной всю вычислительную сеть;
– обслуживание серверов доверяют только квалифицированным и профессионально подготовленным специалистам;
– высокая стоимость оборудования.

Многослойная архитектура (рис. 3) – в этой архитектуре вместо единого сервера применяются серверы приложений и серверы баз данных.

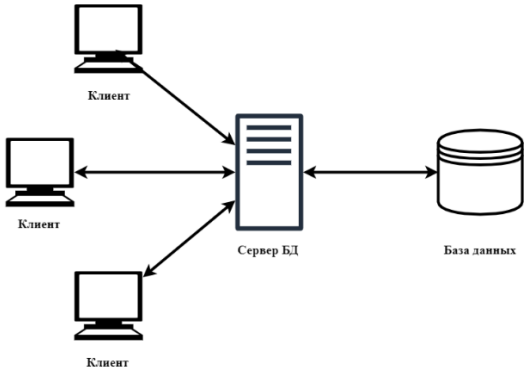


Рис. 3. Многослойная архитектура

Преимущества архитектуры:

– информация защищена и безопасно хранится;
– масштабируемость. Архитектура адаптируется к увеличению количества пользователей. База данных также расширяется в объеме;
– повышенная защита данных от взлома и компьютерных атак;
– один пользователь меньше нагружает сеть, поэтому увеличивается ее пропускная способность;
– гибкость системы.

Недостаток: низкая надежность по сравнению с одноранговой архитектурой [7].

Заключение

Основываясь на критериях выбора сетевого взаимодействия в сети, для применения в системе подтверждения подлинности электронных

документов была выбрана пиринговая сеть (P2P). В сети Peer-to-Peer отсутствует централизованное администрирование, каждый узел системы равноправен по отношению к другим узлам.

Список литературы

1. Заявление о выдаче патента Российской Федерации на изобретение №2020115947 от 20.04.2020
2. Алгоритм консенсуса узлов блокчейна в системе подтверждения подлинности электронных документов / М. И. Поддубный [и др.] // Сборник статей II всероссийской научно-технической конференции Федеральное Государственное Автономное Учреждение «Военный Инновационный Технополис «ЭРА». – Анапа, 2020. – С. 292-298.
3. Технология временных меток в распределенном реестре / М. И. Поддубный [и др.] // Сборник статей II всероссийской научно-технической конференции Федеральное Государственное Автономное Учреждение «Военный Инновационный Технополис «ЭРА». – Анапа, 2020. – С. 94-103.
4. Шурховецкий, П. П. Перспективы и проблемы интеграции децентрализованных структурированных p2p-сетей в глобальной компьютерной среде / П. П. Шурховецкий, А. А. Власов, В. Н. Зиновин // Управление развитием крупномасштабных систем (Москва, 4-6 октября 2010) . – Москва, 2010. – С.245-249.
5. Хабр [Электронный ресурс] : Веб-сайт – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/239225/
6. Мухамедзянов, М.Р. Разработка веб-сервисов для публикации пространственных данных на основе технологии WebRTC / М. Р. Мухамедзянов // Санкт-Петербургский государственный университет. – СПб., 2018. – 31с.
7. Альмухамедов, Р.Х. Сравнительный анализ систем потокового вещания / Р. Х. Альмухамедов // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2011. – №26. – С. 514-518.

Реализация модели генерации подмножеств естественного языка на основе продукционной модели знаний

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

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются модель генерации осмысленных выражений естественного языка на основе продукционной модели знаний и описывается реализации системы автоматической генерации в рамках предложенного подхода.*

Ключевые слова: *генерация диалогов, N-граммы, продукционная модель, модель Seq2Seq.*

Введение

За последние несколько лет возможности компьютеров понимать человеческую речь существенно повысились. Достигнуты определенные продвижения в данной области искусственного интеллекта [1, 2]. Однако еще многие проблемы формализации естественного языка до сих пор остаются неразрешенными.

В настоящей работе обсуждается метод генерации подмножеств естественного языка, основанный на продукционной модели знаний [3]. Описана реализация программы автоматической генерации, использующая предложенный метод. Обсуждаются результаты проведенных экспериментов.

1. Модель генерации диалогов

Помочь решить проблему генерации ответов на запросы к чатам могут вопросно-ответные системы, способные принимать вопросы и отвечать на них на естественном языке. Для создания вопросно-ответных систем часто используются решения, полученные в ходе решения задачи классификации намерений пользователей. Одним из решений задачи классификации намерений может являться использование правил.

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. Согласно этой модели, запросы группируются в категории, каждая из которых представима

© Болотова С. Ю., Сиволапов К. В., 2021

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 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 [4, 5]. 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. В [3] была задана модель для определения вероятности употребления фразы.

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 [6]. 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 генерации языковых конструкций на основе этого подхода, где <start> и <end> являются разделителями.

Модель Seq2Seq 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 реккурентной нейронной сети (LSTM)[5].

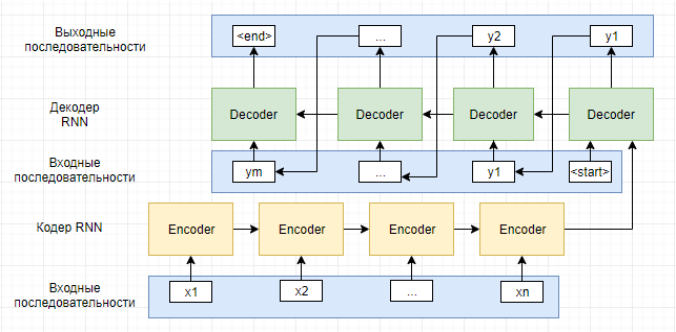


Рис. 1. Генерация выходной последовательности на основе входных данных

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>».

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 (рис. 2). Вместо одного слоя нейронной сети существует четыре, взаимодействующих совершенно особым образом [4].

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).

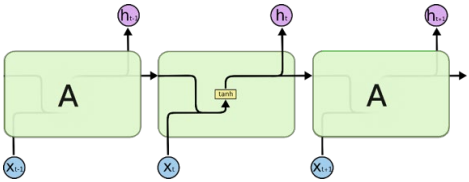


Рис. 2. Повторяющийся модуль в реккурентной нейросети

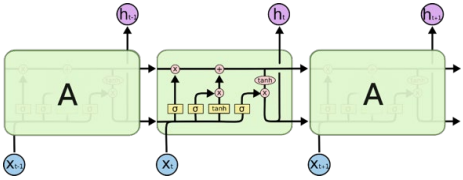


Рис. 3. Схема состояния ячейки в LSTM нейросети

2. Реализация системы

Полученная модель получила реализацию при помощи библиотеки Tensorflow с использованием надстройки Keras. Как было замечено ранее, для условной генерации использовался набор открытых данных корпорации Enron, который содержит электронные письма. Исходные данные для условной генерации изображены на рис. 4.

	from	fromn	to	ton	subject	msg
0	phillip.allen@enron.com	Phillip K Allen	tim.belden@enron.com	Tim Belden <Tim Belden/Enron@EnronXGate>		Here is our forecast
36	phillip.allen@enron.com	Phillip K Allen	muller@thedoghousemail.com	muller@thedoghousemail.com		Greg, Happy B-day. Email me your phone # and I will call you. Keith
43	phillip.allen@enron.com	Phillip K Allen	jsmith@austintx.com	jsmith@austintx.com		Jeff, What is up with Burnet? Phillip
62	phillip.allen@enron.com	Phillip K Allen	ina.rangel@enron.com	Ina Rangel		Ina, I scheduled a meeting with Jean Mrha tomorrow at 3:30
79	phillip.allen@enron.com	Phillip K Allen	bs_stone@yahoo.com	bs_stone@yahoo.com		Brenda Can you send me your address in College Station. Phillip

Рис. 4. Данные для условной генерации

Для генерации используется словарь на основе сообщений, которые были получены из дата-сета.

Код получения индекса слова и самого слова по индексу представлен в листинге 1.

Листинг 1

Получение индекса слова в словаре и получение слова по индексу

```
def create_index(self):
        for phrase in self.lang:
            self.vocab.update(phrase.split(' '))
        self.vocab = sorted(self.vocab)
        self.word2idx["<pad>"] = 0
        self.idx2word[0] = "<pad>"
        for i,word in enumerate(self.vocab):
            self.word2idx[word] = i + 1
            self.idx2word[i+1] = word
```

В качестве входных параметров для генерации выбраны n-граммы. Код формирования n-грамм приведен в листинге 2.

Листинг 2

Формирование входных и выходных n-грамм

```
processed_corpus = preprocess(corpus)
    output = []
    for line in processed_corpus:
        token_list = line
        for i in range(1, len(token_list)):
            data = []
            x_ngram = '<start> '+ token_list[:i+1] + ' <end>'
            y_ngram = '<start> '+ token_list[i+1:] + ' <end>'
            data.append(x_ngram)
            data.append(y_ngram)
            output.append(data)
    dummy_df = pd.DataFrame(output, columns=['input','output']
)
```

После обработки получаются последовательности, изображенные на рис. 5.

	input	output
159	<start> ina, i scheduled a meeting w <end>	<start> ith jean mrha tomorrow at 3:30 <end>
160	<start> ina, i scheduled a meeting wi <end>	<start> th jean mrha tomorrow at 3:30 <end>
161	<start> ina, i scheduled a meeting wit <end>	<start> h jean mrha tomorrow at 3:30 <end>
162	<start> ina, i scheduled a meeting with <end>	<start> jean mrha tomorrow at 3:30 <end>
163	<start> ina, i scheduled a meeting with <end>	<start> jean mrha tomorrow at 3:30 <end>
164	<start> ina, i scheduled a meeting with j <end>	<start> ean mrha tomorrow at 3:30 <end>
165	<start> ina, i scheduled a meeting with je <end>	<start> an mrha tomorrow at 3:30 <end>

Рис. 5. Полученные данные для загрузки в модель

Модель обучалась в 10 эпох, на каждую из которых приходилось 11 минут при обучении на графическом процессоре. В листинге 3 представлено получение модели кодера.

Листинг 3

Получение модели кодер-декодер

```
# Создание модели кодера из предыдущей модели
encoder_model = Model(encoder_inputs, [encoder_out, state_h, s
tate_c])

inf_decoder_inputs = Input(shape=(None,), name="inf_decoder_in
puts")
# Добавление переменных состояния h и c
state_input_h = Input(shape=(units*2,), name="state_input_h")
state_input_c = Input(shape=(units*2,), name="state_input_c")
decoder_res, decoder_h, decoder_c = decoder_lstm(
    decoder_emb(inf_decoder_inputs),
    initial_state=[state_input_h, state_input_c])
inf_decoder_out = decoder_d2(decoder_d1(decoder_res))
inf_model = Model(inputs=[inf_decoder_inputs, state_input_h, s
tate_input_c], outputs=[inf_decoder_out, decoder_h, decoder_c]
)
```

В листинге 4 показана функция перевода предложения к вектору, а также получение выходного предложения.

Листинг 4

Преобразование вектора в предложение

```
# Перевод предложения в вектор по индексам в языковой модели
def sentence_to_vector(sentence, lang):
    pre = sentence
    vec = np.zeros(len_input)
    sentence_list = [lang.word2idx[s] for s in pre.split(' ')]
    for i,w in enumerate(sentence_list):
        vec[i] = w
    return vec

# Функция для получения выходного предложения
def translate(input_sentence, infenc_model, infmodel):
    sv = sentence_to_vector(input_sentence, input_lang)
    sv = sv.reshape(1,len(sv))
    [emb_out, sh, sc] = infenc_model.predict(x=sv)
    i = 0
    start_vec = target_lang.word2idx["<start>"]
    stop_vec = target_lang.word2idx["<end>"]

    cur_vec = np.zeros((1,1))
    cur_vec[0,0] = start_vec
    cur_word = "<start>"
    output_sentence = ""
    while cur_word != "<end>" and i < (len_target-1):
        i += 1
        if cur_word != "<start>":
            output_sentence = output_sentence + " " + cur_word
```

```
    x_in = [cur_vec, sh, sc]
    [nvec, sh, sc] = infmodel.predict(x=x_in)
    cur_vec[0,0] = np.argmax(nvec[0,0])
    cur_word = target_lang.idx2word[np.argmax(nvec[0,0])]
return output_sentence
```

В итоге была получена модель (рис. 6), которая по входным параметрам генерирует продолжения фраз. На рис. 7 показан пример ее использования, где на вход подается входная последовательность, а на выход – результат.

```
If using Keras pass *_constraint arguments to layers.
Model: "model"
_________________________________________________________________________________________________
Layer (type)                 Output Shape              Param #   Connected to
=================================================================================================
input_1 (InputLayer)         [(None, 50)]              0
_________________________________________________________________________________________________
embedding (Embedding)        (None, 50, 100)           2034300   input_1[0][0]
_________________________________________________________________________________________________
input_2 (InputLayer)         [(None, None)]            0
_________________________________________________________________________________________________
bidirectional (Bidirectional [(None, 50, 256), (N      235520    embedding[0][0]
_________________________________________________________________________________________________
embedding_1 (Embedding)      (None, None, 100)         2343400   input_2[0][0]
_________________________________________________________________________________________________
concatenate (Concatenate)    (None, 256)               0         bidirectional[0][1]
                                                                 bidirectional[0][3]
_________________________________________________________________________________________________
concatenate_1 (Concatenate)  (None, 256)               0         bidirectional[0][3]
                                                                 bidirectional[0][4]
_________________________________________________________________________________________________
cu_dnnlstm_1 (CuDNNLSTM)     [(None, None, 256),       366592    embedding_1[0][0]
                                                                 concatenate[0][0]
                                                                 concatenate_1[0][0]
_________________________________________________________________________________________________
dropout_1 (Dropout)          (None, None, 256)         0         cu_dnnlstm_1[0][0]
_________________________________________________________________________________________________
dense (Dense)                (None, None, 128)         32896     dropout_1[0][0]
_________________________________________________________________________________________________
dropout (Dropout)            (None, None, 128)         0         dense[0][0]
_________________________________________________________________________________________________
dense_1 (Dense)              (None, None, 23434)       3022986   dropout[0][0]
=================================================================================================
Total params: 8,035,694
Trainable params: 8,035,694
Non-trainable params: 0
_________________________________________________________________________________________________
```

Рис. 6. Полученная модель

Однако, полученные последовательности оказываются плохо связанными с ожидаемыми результатами. Чтобы исправить подобную ситуацию, можно в качестве входных и выходных n-грамм использовать не символы, а отдельные слова. Тогда входные и выходные последовательности примут вид, показанный на рис. 8.

Так как количество входных параметров уменьшилось, вместо использования символов использовались целые слова. Полученная модель обучалась в 50 эпох, среднее время обучения на графическом процессоре каждой эпохи составляло 35 секунд. На рис. 9 показаны результаты генерации для полученной модели.

	Input seq	Pred. Seq
0	hi	
1	i was out of the office on friday	for sunday's game
2	let me	you want to talk, up to make sure everything is covered. i think we should. 2 pm?
3	jeff, i am in the office today. any isssues to deal with	for my place? john
4	please can	you get a chance to dig out those names? thanks again. b.
5	thanks for	e the delay! shona
6	let me know	re: corenoncore. thx, jeff 415.782.7822
7	i would look	e to get the callin number for the project with johnnie jurewitz?
8	greg, have	the delay! shona
9	brenda can you send me	the party on sunday. your new name backout ballases!
10	here is our	attached spreadsheet for march: thanks, mark
11	i scheduled a meeting	on stages 13 based on least efficient, marginal unit. jeff

Рис. 7. Полученные результаты

	input	output
0	<start> is our <end>	<start> forecast <end>
1	<start> happy bday <end>	<start> email me your phone and i will call you keith <end>
2	<start> happy bday email <end>	<start> me your phone and i will call you keith <end>
3	<start> happy bday email me <end>	<start> your phone and i will call you keith <end>
4	<start> happy bday email me your <end>	<start> phone and i will call you keith <end>
5	<start> happy bday email me your phone <end>	<start> and i will call you keith <end>
6	<start> happy bday email me your phone and <end>	<start> i will call you keith <end>
7	<start> happy bday email me your phone and i <end>	<start> will call you keith <end>
8	<start> happy bday email me your phone and i will <end>	<start> call you keith <end>
9	<start> happy bday email me your phone and i will call <end>	<start> you keith <end>

Рис. 8. Входные и выходные последовательности для генерации ответов

	Input seq	Pred. Seq
0	hi	didn t know the first new email address thanks please cg
1	i was out of the office on friday	at 18009781788 if you have questions
2	let me	know if you need any additional data request thank you jim derrick
3	jeff i am in the office today any isssues to deal with	for your tv and lineups
4	please can	you at this stuff ruth
5	thanks for	you at 415 782 7822 thanks
6	let me know	if you have any questions or opportunities thanks martin cuilla
7	i would look	i have the distibution list for this week my america is 7138596238 thanks jean
8	greg have	a minute grab me to chat for five chris
9	here is our	email address s game
10	i scheduled a meeting	in
11	i scheduled a meeting with jean mrha tomorrow at	3 30
12	can you explain me	you get a chance i don t have class tonite
13	i want a pizza	jeff

Рис. 9. Результаты генерации для полученной модели

Заключение

Предложенная модель помогает справиться с определенным кругом задач генерации подмножеств естественного языка, а именно – автоматически анализировать запросы клиентов и генерировать персонализированные ответы на эти запросы. В результате проведенных тестов предложенная модель показала 94% верных ответов.

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

Список литературы

1. Ze, H. Statistical parametric speech synthesis using deep neural networks / H. Ze, A. Senior, M. Schuster // Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2013 IEEE International Conference. – Vancouver, 2013. – P. 7962–7966.

2. Exploring the limits of language modeling / R. Jozefowicz [et al.] // arXiv preprint arXiv:1602.02410. – 2016. – https://arxiv.org/abs/1602.02410

3. Болотова, С. Ю. Использование продукционной модели знаний для решения задачи генерации подмножеств естественного языка / С. Ю. Болотова, К.В. Сиволапов // Материалы XX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии». Воронеж, 13-14 февраля 2020г. – Воронеж : «Научно-исследовательские публикации», 2020. – С. 25-30.

4. Smart Compose: Using Neural Networks to Help Write Emails [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ai.googleblog.com/2018/05/smart-compose-using-neural-networks-to.html

5. Understanding LSTM Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/

6. Модель seq2seq в машинном переводе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://otus.ru/nest/post/285/

Оптимизация SELECT-запросов с агрегатной функцией в коррелированном подзапросе в СУБД ЛИНТЕР

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

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрены SELECT-запросы специального типа и оптимизационные преобразования для них, которые были реализованы в компиляторе языка SQL СУБД ЛИНТЕР.*

Ключевые слова: *СУБД ЛИНТЕР, оптимизация SQL-запросов, коррелированный подзапрос, агрегатная функция, группировка.*

Введение

Необходимость реализации описанного в данной статье оптимизационного преобразования SELECT-запросов была выявлена при анализе проблемы с производительностью работы приложения, созданного некоторой организацией – пользователем СУБД ЛИНТЕР [1]. Данное приложение было портировано с СУБД Oracle на СУБД ЛИНТЕР в рамках программы импортозамещения, при этом первоначально скорость работы приложения с СУБД ЛИНТЕР оказалась примерно 3 раза ниже, чем с СУБД Oracle. В процессе анализа проблемы было обнаружено, что указанное приложение выполняет большое количество однотипных SELECT-запросов с агрегатными функциями в коррелированных подзапросах, причем планы выполнения этих запросов в СУБД ЛИНТЕР являются явно не оптимальными. Дальнейший анализ показал возможность оптимизационного преобразования таких запросов компилятором языка SQL, при котором коррелированный подзапрос с агрегатной функцией становится группированным, перемещается из конструкции WHERE в конструкцию FROM и перестает быть коррелированным. Реализация автоматического выполнения этого преобразования обеспечила примерно такую же производительность работы приложения с СУБД ЛИНТЕР, как и с СУБД Oracle.

Далее описаны: структура оптимизируемых SELECT-запросов, ограничения на выполнение данной оптимизации, сущность производимого преобразования запроса.

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

© Борисенков Д. В., 2021

1. Структура оптимизируемых SELECT-запросов

В упомянутом приложении встречалось несколько десятков различных SELECT-запросов, имеющих следующую однотипную структуру:

```
select …
from TABLE1, …
where TABLE1.COLUMN1 vs
     (select aggr(TABLE2.COLUMN2)
      from TABLE2
      where TABLE1.COLUMN3 = TABLE2.COLUMN4 and … )
and … ;
```

где
vs – операция сравнения (=, <>, >=, <=, >, <),
aggr – агрегатная функция (MIN, MAX, AVG, SUM),

Запрос такого типа содержит коррелированный подзапрос (внешняя ссылка – TABLE1.COLUMN3) с агрегатной функцией, и результат этого подзапроса вычисляется для каждой записи таблицы TABLE1. При большом количестве записей в таблице TABLE1 накладные на циклическое выполнение одного и того же подзапроса с разными значениями TABLE1.COLUMN3 приводят к многократному замедлению выполнения основного запроса.

Напрашивается следующее преобразование исходного запроса, смысл которого в том, чтобы запрос с агрегатной функцией выполнялся только один раз – с агрегацией по группам:

```
select …
from TABLE1, …,
      (select aggr(TABLE2.COLUMN2) AGGR_V,
              TABLE2.COLUMN4
       from TABLE2
       where …
       group by TABLE2.COLUMN4) as QUERY
where TABLE1.COLUMN3 = QUERY.COLUMN4 and
      TABLE1.COLUMN1 vs QUERY.AGGR_V and …;
```

Выигрыш от использования этой оптимизации тем больше, чем меньше селективность столбца COLUMN4 таблицы TABLE2.

2. Требования к запросу для возможности выполнения оптимизации

Для выполнения оптимизационного преобразования к запросу предъявляются перечисленные ниже требования. Этот набор требований

должен обеспечивать эквивалентность выполняемых преобразований и упрощение выполняемых действий.

1. Основной запрос должен быть SELECT-запросом.
2. В состав основного запроса должен входить коррелированный подзапрос (т.е. содержащий внешнюю ссылку).
3. Коррелированный подзапрос должен иметь только один источник данных в конструкции FROM
4. Коррелированный подзапрос должен иметь только один столбец в конструкции SELECT и этот столбец должен быть результатом агрегатной функции, отличной от функции COUNT.
5. Условие WHERE коррелированного подзапроса должно представлять собой одиночный предикат либо группу предикатов, соединенных операциями AND. В случае наличия логических операций OR они должны быть перенесены на нижний уровень, т.е. конструкция WHERE должна быть представлена в конъюнктивной нормальной форме.
6. Подзапрос, непосредственно включающий в себя коррелированный подзапрос, должен представлять собой внутреннее соединение.

3. Оптимизационное преобразование запроса

Коррелированный подзапрос (внутренний) и подзапрос, непосредственно включающий его (внешний), преобразуются следующим образом:

1. Для всех столбцов таблицы-источника внутреннего подзапроса, к которым есть обращения в его WHERE-предикатах с внешними ссылками, добавляется группировка по этим столбцам.
2. Все эти группированные столбцы добавляются в список столбцов результата внутреннего подзапроса.
3. Все предикаты, которые содержат внешние ссылки, из условия WHERE внутреннего подзапроса переносятся в условие WHERE внешнего подзапроса (при этом по возможности создается группа предикатов, соединенных по AND, или эти предикаты добавляются в группу на верхнем уровне). При этом обращения к столбцам таблицы-источника исходного коррелированного подзапроса заменяются на обращения к столбцам преобразованного группированного подзапроса.
4. Полученный группированный подзапрос добавляется в конструкцию FROM внешнего подзапроса, а ссылка на него из конструкции WHERE внешнего подзапроса заменяется на ссылку на столбец группированного подзапроса – результат агрегатной функции.

5. При этом учитывается, что внешние ссылки в перенесенных предикатах могут перестать быть внешними ссылками (а могут и остаться ими, если они ссылаются на еще более внешние подзапросы).

Дополнительно могут быть выполнены и другие сопутствующие изменения запроса. Например, если предикат с внешней ссылкой представляет собой равенство столбцов внешнего и внутреннего подзапроса, и есть еще предикат равенства того же столбца внешнего подзапроса константе, то можно заменить последний на предикат равенства соответствующего столбца внутреннего подзапроса константе и перенести его во внутренний подзапрос.

4. Тестирование

При тестировании сделанных правок были проверены, в частности, следующие ситуации:

1. в потенциально оптимизируемом подзапросе есть внешние ссылки к нескольким разным таблицам;
2. в потенциально оптимизируемом подзапросе есть предикат с подзапросом (с внешней ссылкой или без нее);
3. внешняя ссылка в потенциально оптимизируемом подзапросе идет более чем через один уровень;
4. внешняя ссылка стоит не в предикате равенства, а в предикате сравнения другого типа.

5. Примеры оптимизационного преобразования

Запросы содержат обращение к одной таблице из книги К,Дж.Дейта [2], используется одна таблица – таблица поставщиков S.

```
create table S (
       SNUM char(5) primary key,
       SNAME char(20),
       STATUS integer,
       CITY char(15));
```

Задание: найти всех поставщиков, статус которых является максимальным из всех поставщиков того же города.

```
select *
from S S1
where STATUS =
      (select max(STATUS)
       from S S2
       where S1.CITY = S2.CITY);
```

Преобразованный запрос имеет такой вид:

```
select S1.*
from S S1,
     (select max(STATUS) MAXST, CITY
      from S S2
      group by CITY) S3
where S1.CITY = S3.CITY and S1.status = S3.MAXST;
```

Задание: найти всех поставщиков, статус которых является максимальным из всех поставщиков того же города со статусом меньше 30.

```
select * from S S1
where STATUS =
      (select max(STATUS)
       from S S2
       where S1.CITY = S2.CITY and S2.STATUS < 30);
```

Преобразованный запрос имеет такой вид:

```
select S1.*
from S S1,
      (select max(STATUS) MAXST, CITY
       from S S2 where S2.STATUS < 30
       group by CITY) S3
where S1.CITY = S3.CITY and S1.status = S3.MAXST;
```

Заключение

Выполненная в компиляторе SQL описанная оптимизация SELECT-запросов указанного типа помогла обеспечить нужную производительность выполнения запросов в СУБД ЛИНТЕР и таким образом удовлетворить требованиям пользователя.

Список литературы

1. Рекомендации по настройке СУБД. ЛИНТЕР. [Электронный ресурс] : электронная документация по СУБД ЛИНТЕР. – Режим доступа: http://www.linter.ru/ru/documentation/information/pdf/rec.pdf

2. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. – 8-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – 1328 с.

Использование программ-тренажеров в военном вузе

Л. А. Великанова, email: Velar1966@mail.ru
Е. С. Легостаева, email: legelen36@gmail.com
А. Н. Рощупкин, email: reivrn@gmail.com

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени
профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Разработана интерактивная обучающая программа-тренажер «Практикум по теме «Неопределенный интеграл»», использование которой в военном вузе должно привести к повышению качества обучения будущих специалистов математике.*

Ключевые слова: *Лекция, тренажер, тестирование, неопределенный интеграл, среда объектно-ориентированного программирования Builder C++.*

Введение

В силу специфики обучения в военном вузе при четком регламентировании распорядка рабочего дня и ограничении времени на самостоятельное изучение предмета и самостоятельную работу, возникает вопрос о модернизации и информатизации учебного процесса, внедрении новых активных форм обучения, повышающих интерес и степень усвоения нового материала по дисциплине [1].

Формирование у курсантов потребности в профессионально-прикладных знаниях, имеющих направленность на получаемую специализацию по выбранному профилю, должно являться одной из главных целей обучения на занятиях [2]. На лекциях и некоторых практических занятиях по математике целесообразно использовать прикладные программы, дающие возможность быстрого перехода от одной темы к другой, параллельного просмотра тестирующего и лекционного блока. Это помогает повысить наглядность обучения, так как позволяет провести демонстрацию формул, таблиц, геометрических фигур и математических моделей различных военно-прикладных задач и, как следствие, повышает качество обучения курсантов математике.

При работе с прикладными программами обеспечивается обратная связь, осуществляется быстрый поиск необходимой информации, экономится время при многократных обращениях к гипертекстовым

© Великанова Л. А., Легостаева Е. С., Рощупкин А. Н., 2021

объяснениям, наряду с кратким текстом, объяснения сопровождаются демонстрацией анимационных эффектов. Они также позволяют оценивать знания курсантов по выбранным темам и дают возможность самоконтроля во время самостоятельной работы. В результате наблюдается увеличение на 20-30% объема изученного материала и хорошие остаточные знания.

1. Выбор среды программирования интерактивной обучающей программы

Понятие «интерактивный» происходит от английского «interact» («Inter» – это взаимный, «act» – действовать). Интерактивный означает взаимодействовать, находиться в режиме беседы, диалога с чем-либо (например, компьютером) или кем-либо (человеком). Все участники процесса обучения (преподаватель, программа, курсант) взаимодействуют друг с другом. Происходит это в атмосфере доброжелательности и взаимной поддержки, что позволяет не только получать новые знания, но и развивает саму познавательную деятельность, которая имеет в виду вполне конкретные и прогнозируемые цели: повышение эффективности обучения, достижение высоких результатов; усиление мотивации к изучению дисциплины; формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся; развитие навыков владения современными техническими средствами и технологиями восприятия и обработки информации; формирование и развитие умения самостоятельно находить информацию и определять ее достоверность; сокращение доли аудиторной работы и увеличение объема самостоятельной работы курсантов.

Интерактивная обучающая программа-тренажер «Практикум по теме «Неопределенный интеграл»» разработана в среде объектно-ориентированного программирования Builder C++.

2. Краткое содержание программного комплекса

Интерактивная обучающая программа-тренажер соответствует уровню современных приложений, обладает интуитивно-понятным интерфейсом.

Запуск ее осуществляется файлом integr.exe. Титульная страница представлена на рис. 1, содержание электронного учебно-методического пособия представлена на рис. 2.

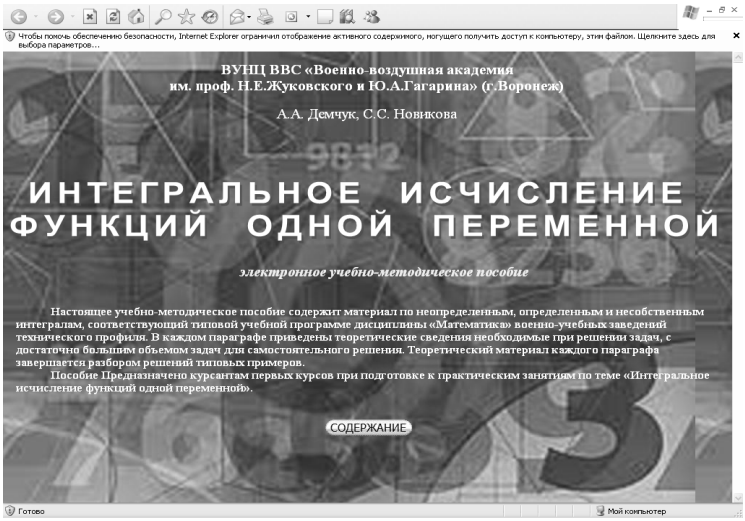


Рис. 1. Титульный лист электронного пособия



Рис. 2. Содержание электронного учебно-методического пособия

Указателем мыши выбирается одна из трех кнопок «О программе», «Курс лекций», «Тренажер». Ознакомиться с теоретическим материалом и с информацией о программе и ее разработчиках можно, выбрав соответствующую кнопку.

Для ознакомления с курсом лекций выбирается кнопка «Курс лекций».

Используя гиперссылки в содержании лекций, можно непосредственно переходить к предыдущему, следующему лекционному материалу и к странице оглавления лекций.

В программе предусмотрена возможность параллельно с курсом лекций перейти к практикуму, выбрав кнопку «Тренажер», представленную на рис. 2. На рис. 3 представлена начальная страница практикума по теме «Неопределенный интеграл».

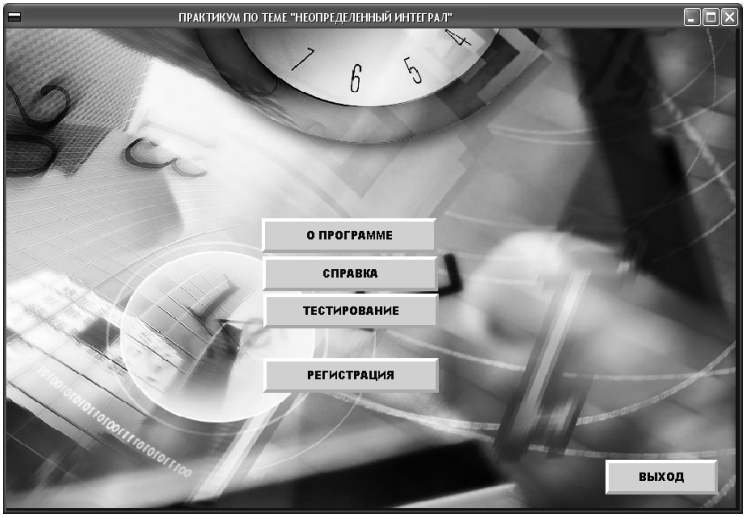


Рис. 3. Структура папки программного продукта «Тестирование»

При необходимости перед началом тестирования в программе можно зарегистрироваться с указанием личных данных, как представлено на рис. 4. Эти данные сохраняются в отдельном файле.



Рис. 4. Окно регистрации личных данных

Закончив регистрацию, или отказавшись от нее, нажимаем кнопку «Тестирование». Далее, как показано на рис. 5, выбрав интересуемый тип задач и нажав кнопку «Далее», переходим к выбору примера, как представлено на рис. 6. При наведении курсора на кнопку с номером примера появляется окно с интегралом, который надо найти.

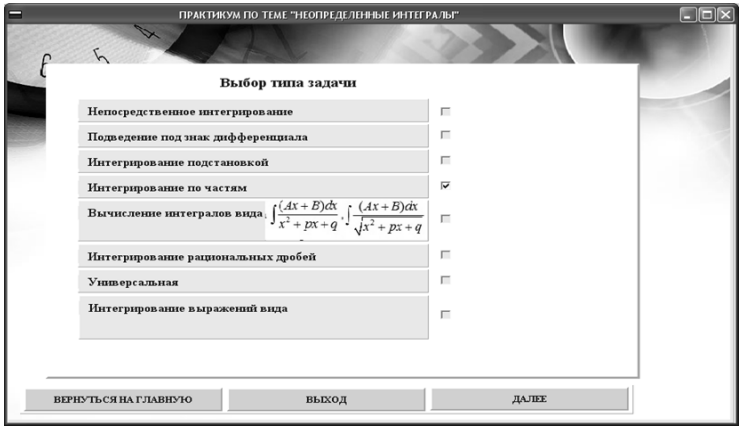


Рис. 5. Выбор типа задач

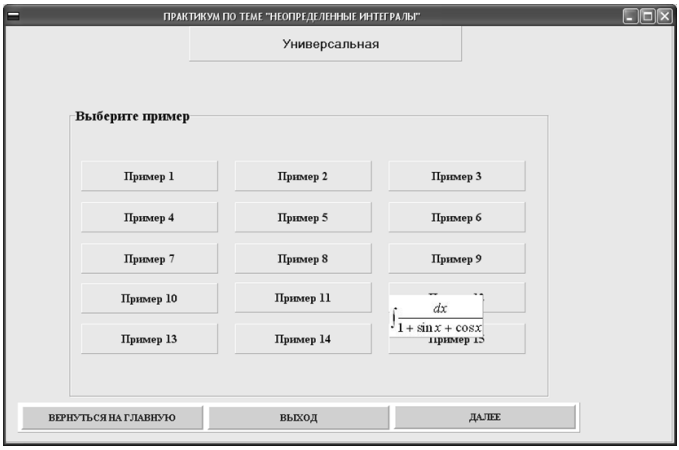


Рис. 6. Выбор примера

Тестируемому необходимо выбрать один ответ из трех представленных на экране. Если ответ выбран неверно, то появляется подсказка.

На рис. 7 представлено окно с данными о количестве выбранных и правильно решенных примеров по каждой теме, что позволяет обучающемуся сделать вывод о качестве полученных знаний. При неудовлетворительном результате есть возможность дальнейшего изучения тем и отработки навыков в применении полученных знаний.

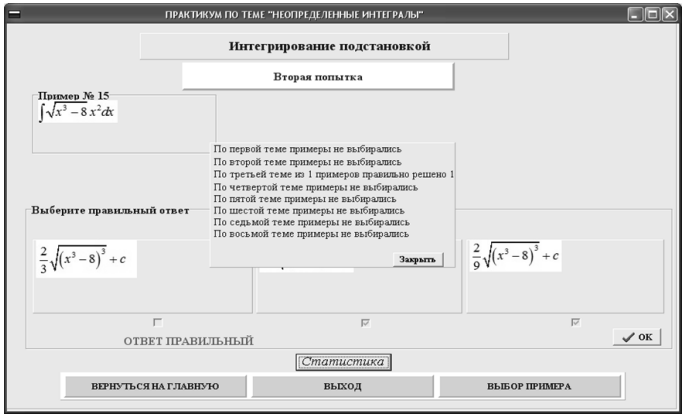


Рис. 7. Сообщение о статистике

Использовав кнопку «Выход» можно выйти из тестирующего блока. Если обучаемый решал какие-либо примеры, то все попытки и результаты решения записываются в файл, просмотреть который можно нажав на кнопку «Результаты тестирования».

Проанализировав результаты тестирования, обучающийся может сделать вывод о качестве своей подготовки и, в случае необходимости, вернуться к изучению теоретического блока. Преподаватель, используя программу на практических занятиях, может выставить оценки 100 % обучающихся.

3. Результаты апробации автоматизированной системы изучения темы «Нахождение неопределенных интегралов»

Необходимым условием повышения качества подготовки инженеров любого профиля является повышение качества их математического образования. Математические знания являются фундаментом инженерного образования, на котором строится вся последующая подготовка будущего специалиста.

Использование интерактивной обучающей программы-тренажера «Практикум по теме «Неопределенный интеграл»» должна привести к повышению качества обучения будущих специалистов математике. Справедливость этого утверждения можно проверить только экспериментально.

Базой для исследований был выбран ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж).

В связи с особенностями военного образования (курсанты с учебным процессом должны совмещать несение службы в нарядах, патрулях, служебных командировках) по возможности необходимо с большей эффективностью распорядиться учебным временем, отведенным для проведения практических занятий.

При этом выдвигается гипотеза о том, применение интерактивной обучающей программы-тренажера «Практикум по теме «Неопределенный интеграл» при проведении практических занятий по математике и при самостоятельной работе, приведет к повышению уровня подготовки курсантов к рубежному контролю по этой теме.

В рамках исследования на базе ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) была организована апробация интерактивной обучающей программы-тренажера «Практикум по теме «Неопределенный интеграл»», целью которой являлась оценка эффективности ее применения при проведении практических занятий по математике и при самостоятельной работе.

В результате апробации определено, что в экспериментальной группе коэффициент успешности выше на 18% по сравнению с контрольной, а коэффициент качества – выше на 37%.

Заключение

Проведенная апробация позволяет сделать вывод, что предлагаемая методика проведения практических занятий по теме «Интегральное исчисление функции одной переменной» с использованием новых технических средств обучения эффективна по критериям общей успешности и качественному показателю.

Таким образом, применение интерактивной обучающей программы-тренажера «Практикум по теме «Неопределенный интеграл»» при проведении практических занятий по математике и при самостоятельной работе, приведет к повышению уровня подготовки курсантов к рубежному контролю по этой теме.

Список литературы

1. Министр обороны Российской Федерации. Приказ от 15 сентября 2014 года № 670 «О мерах по реализации отдельных положений статьи 81 Федерального закона от 29 декабря 2012 года N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями на 18 января 2016 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://docs.cntd.ru/document/420223915

2. Беспалько, В.П. Слагаемые педагогической технологии / В.П. Беспалько – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.

Проектирование информационной системы управления образовательными ресурсами

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 отмечена необходимость внедрения системы управления образовательными ресурсами для повышения качества образовательного процесса. Проведён анализ предметной области, позволяющий сформировать требования к такой системе. Требования формализованы в виде диаграммы вариантов использования UML. Представлен вариант реализации базы данных системы управления ресурсами с учётом данных требований, намечены пути для создания такой системы.*

Ключевые слова: *информационная система, система управления ресурсами, управление образовательными ресурсами, UML.*

Введение

Необходимость создания системы управления образовательными ресурсами становилась предметом многих исследований. Например, вариант такой системы описан в статье [1], однако она направлена преимущественно на управление электронными образовательными ресурсами. Кроме того, в указанном исследовании предполагается, что используемая в учреждении система должна предусматривать возможность обмена образовательными ресурсами, которые найдены студентом самостоятельно, с другими участниками образовательного процесса. Для школьников такой подход не является однозначно правильным.

В Интернете имеется большое количество информации, в том числе непроверенной или некорректной. В связи с этим для школьников, критическое мышление которых пока ещё не позволяет оценить справедливость написанной на веб-странице информации, рекомендуется использование лишь проверенных ресурсов. У каждого из педагогов должна быть подборка таких ресурсов, доступом к которым необходимо централизованно управлять. Именно эта функция и становится одной из основных, которые будут востребованы в системе управления образовательными ресурсами.

© Ермошин А. В., Смирнов В. А., 2021

Отдельной проблемой, которая может быть объектом отдельного исследования, является управление человеческими ресурсами (педагогические навыки, трудовые часы и др.). Эти вопросы мы считаем правильным относить к другой подсистеме, включающей механизмы для планирования расписания учебных занятий.

Также к образовательным ресурсам мы не относим финансовые ресурсы (например, бюджетное финансирование). Информация о таких ресурсах не должна быть общедоступной и подлежит отдельной обработке средствами с большей степенью изолированности и защищённости.

Целью нашего исследования мы ставим разработку моделей системы управления образовательными ресурсами, которые включают электронные ресурсы (видеоролики, презентации, сайты и др.) и материальные ресурсы (то есть учебники, словари и т. д. в бумажной форме). Система будет предназначена для небольшой образовательной организации (учебный центр, школа и т. д.).

Стоит отметить, что в настоящее время находят широкое распространение многофункциональные системы для образовательных учреждений. К числу таких систем относится «Учебный центр» от EasySoftware (EasySchool) [2]. Однако эта система содержит только компоненты, предназначенные для управленца, но не для преподавателей, учащихся и клиентов. За хостинг для данного приложения на облачном сервере платформы EasySoftware предусмотрена ежемесячная подписка (300 рублей в месяц). При этом возможность развернуть систему на собственном хостинге или локальном сервере не предусмотрена.

Возможно также использование специализированных решений от фирмы 1С. Управление образовательными процессами в таких системах организованы правильно, но их недостатком являются достаточно высокие требования к оборудованию в виду того, что разработчики стремились сделать систему универсальной и многофункциональной.

Таким образом, проблема разработки системы управления образовательными ресурсами пока не имеет однозначного окончательного решения и нуждается в дальнейшем исследовании.

1. АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Согласно статье [3] под электронным образовательным ресурсом в большинстве случаев понимается «совокупность программных средств и материалов, представленных в электронной форме, в том числе текстов, иллюстраций, аудио- и видеоматериалов». Электронные образовательные ресурсы могут быть представлены в форме веб-

страницы и активного элемента, способного работать в браузере и требующего подключения к сети Интернет. В то же время, электронным образовательным ресурсом может быть и программа, требующая установки или запуска в операционной системе компьютера.

В первом случае для работы с электронным образовательным ресурсом нужна лишь ссылка на веб-страницу с ним. Во втором случае будем считать, что задача системы – предоставить пользователю ссылку на скачивание исполняемого файла и/или инструкции к нему. Из этого следует, что при управлении электронным образовательным ресурсом, нам нужно хранить его название, тип и параметры доступа к нему (в большинстве случаев URL-адрес).

Управление материальными ресурсами заключается в хранении информации о ресурсе (название, количество и др.), а также его текущее расположении в образовательной организации (кабинет, где он находится в данный момент). Во многих случаях расположение материального ресурса контролирует администратор, документовед или др. лицо, ответственное за материально-техническое обеспечение.

В соответствии с этим, в системе возникает необходимость вводить разграничение прав доступа между преподавателем, администратором и учащимся. Учащийся имеет минимальные права: просмотр электронных ресурсов и получение информации об имеющихся материальных ресурсах. Для учащегося нет необходимости выделять отдельную учетную запись, поскольку информация о ресурсах организации должна быть открытой и для родителей, и для потенциальных клиентов, и для представителей надзорных организаций.

Преподаватель, кроме прав просмотра, должен иметь право редактировать электронные ресурсы в пределах того учебного предмета, проведением которого он занимается. Администратор, помимо прав просмотра и возможности редактировать электронные ресурсы по всем имеющимся предметам, должен иметь возможность вносить соответствующие коррективы в информацию о материальных ресурсах в системе, поскольку контролирует их расположение в организации. И та, и другая роль нуждаются в прохождении процедуры авторизации при помощи логина и пароля.

Сформулированные положения позволили нам построить диаграмму вариантов использования, представленную на рис. 1. В области объектно-ориентированного программирования такая диаграмма применяется для графического отображения взаимодействия пользователей той или иной роли с информационной системой.

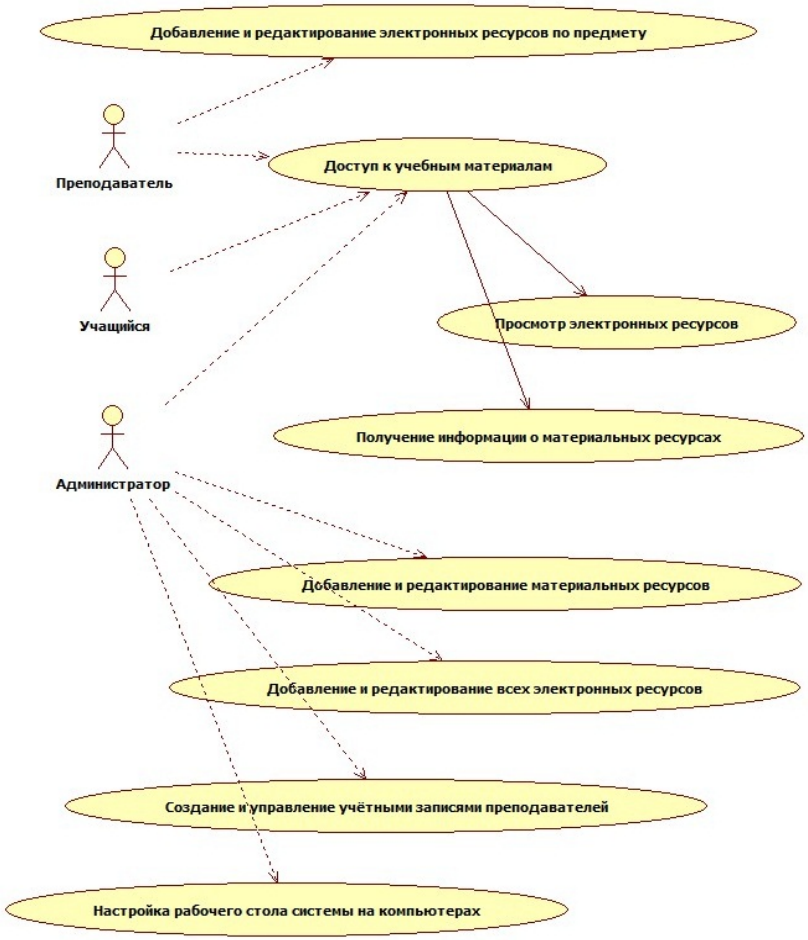


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы управления ресурсами

Для создания диаграммы использовалось программное средство StarUML [4].

В любом образовательном учреждении есть несколько рабочих мест (компьютеров), на каждом из которых ведётся преподавание по одному или нескольким предметам. Возникает необходимость организации быстрого доступа к электронным ресурсам с каждого из таких компьютеров. При этом нежелателен вариант, когда с каждого из

компьютеров есть доступ ко всем ресурсам в системе сразу, поскольку избыточная информация будет мешать. Предполагаем, что система управления образовательными ресурсами должна быть установлена в качестве главной страницы браузера на каждом компьютере или будет присутствовать в качестве ярлыка или закладки. Поэтому должна быть возможность создать для каждого компьютера свою стартовую страницу системы (рабочий стол системы), где будут показаны только те предметы, преподавание которых в данном кабинете возможно. В большинстве организаций ответственным лицом за настройку программного обеспечения является системный администратор.

Как видно из диаграммы, учётные записи преподавателей и рабочие столы системы для компьютеров создаются пользователем с ролью «Администратор».

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Анализ предметной области позволил выявить ряд требований к структуре хранимых данных и их связям. Одним из средств их графического отображения является логическая модель базы данных. Созданная модель базы данных системы управления ресурсами представлена на рис. 2. При её разработке использовался Oracle SQL Developer Data Modeler версии 4.0.2.840 [5].

Однако, для практической реализации средствами системы управления базой данных нам необходима реляционная модель. Такая модель позволяет наиболее точно отобразить таблицы, использование которых будет необходимо при физической реализации базы данных. Oracle SQL Developer Data Modeler также даёт возможность автоматизированного построения реляционной модели на основе логической.

Такая реляционная модель базы данных проектируемой системы управления образовательными ресурсами изображена на рис. 3. В этой модели использованы следующие таблицы:

– types – тип электронного ресурса (сайт, pdf-файл и т.д.);

– webresource – электронные ресурсы (название, расположение, номер предмета, к которому он относится, и его тип (из предыдущей таблицы));

– classroom – описание учебного кабинета организации (сокращённое и полное название, номер);

– resource – материальный ресурс (название и количество, а также номер кабинета, где он расположен и номер предмета, к которому относится);

– subjects – учебный предмет (название, описание и изображение на главной странице);

– users – пользователи системы (логин, пароль, имя и отметка о наличии/отсутствии прав администратора);

– computers – таблица для хранения уникальных кодов и названий рабочих столов системы, отображающихся на том или ином компьютере в учебном центре;

– subonuser – служебная таблица для организации связи многие-ко-многим таблиц пользователей и предметов, которыми они управляют;

– suboncomp – служебная таблица для организации связи многие-ко-многим рабочего стола системы на компьютере и предметов, которые на нём доступны.

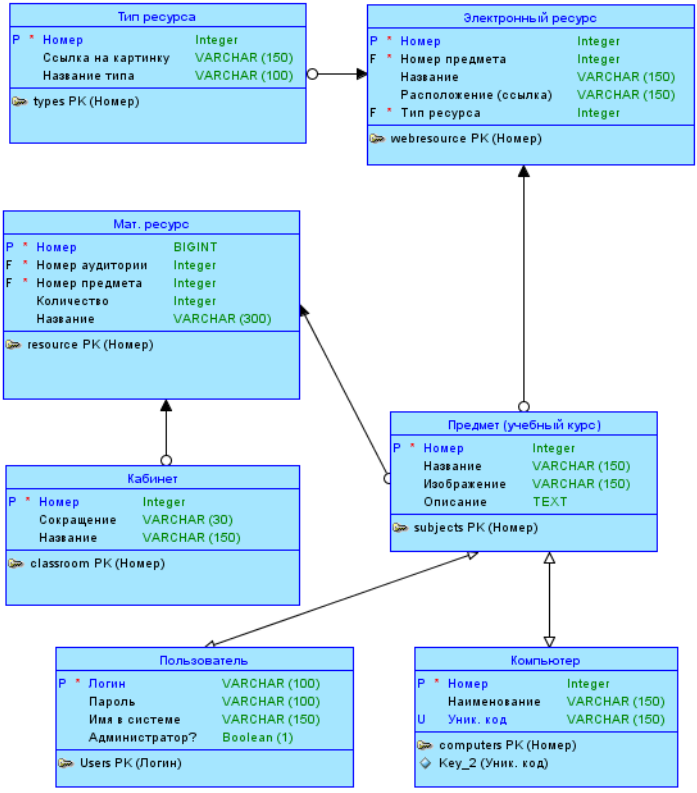


Рис. 2. Логическая модель базы данных системы управления ресурсами

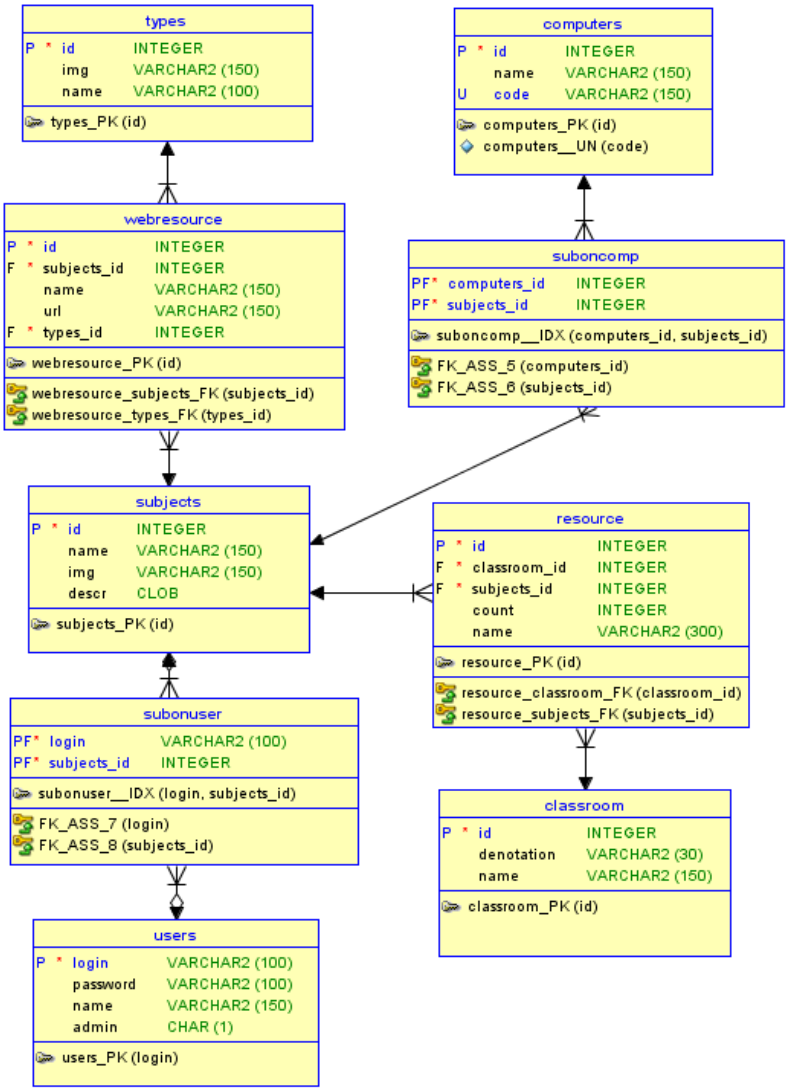


Рис. 3. Реляционная модель базы данных системы управления ресурсами

При установке на локальный сервер вместо URL-адреса можно вводить сетевой адрес, содержащий "серый" IP-адрес ресурса (учебного

пособия, видеоролика и т. д.), находящегося на устройстве внутри сети. Но в этом случае для доступа к такому ресурсу нужно будет организовать возможность подключения к сети организации «извне», что может создать проблемы в области информационной безопасности.

При разработке системы управления ресурсами наиболее оптимальным средством может стать стандартный инструмент управления базами данных MySQL – phpMyAdmin [6], а для программирования серверной части язык программирования PHP. Это связано с тем, что данные средства являются уже установленными на сервере в большинстве хостинговых компаний. Для программирования клиенсткой части достаточно использования языка программирования JavaScript, языка разметки HTML и языка оформления CSS.

Заключение

В спроектированной системе предусмотрены роли «Преподаватель» и «Администратор», а также гостевая роль «Учащийся». Большинству сотрудников учреждения для организации образовательного процесса будет достаточно полномочий роли «Преподаватель». Ролью «Администратор» будет обладать не более четырёх человек, среди которых могут быть: директор, системный администратор, заместитель директора или заведующий учебной частью и/или заведующий материально-техническим обеспечением образовательного процесса.

В базе данных системы управления образовательными ресурсами предусмотрена возможность хранения и управления ресурсами двух типов: материальные и электронные. Каждый из ресурсов прикреплён к одной из учебных дисциплин. К любой учебной дисциплине может быть прикреплено неограниченное количество преподавателей, способных редактировать прикрепленные к ней образовательные ресурсы, а также рабочих столов системы, с которых возможен быстрый доступ к материалам дисциплины.

По нашему мнению, предложенная модель системы управления ресурсами является оптимальной для образовательных учреждений. Она предъявляет минимально возможные требования к аппаратному и программному обеспечению сервера, клиентских устройств, но содержит все необходимые функции.

Список литературы

1. Стацук, И. П. Управление образовательными информационными ресурсами в процессе обучения / И. П. Стацук, В. В. Таборовец // Современное образование: содержание, технологии, качество. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный

электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина), 2019. – Т. 1. – С. 227-228.

2. Программа «Учебный центр» от EasySoftware [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://easysoftware.pro/projects/programma-uchebnyj-centr/

3. Гузнова, А. В. Использование электронных образовательных ресурсов в изучении дисциплин гуманитарного цикла / А. В. Гузнова, О. А. Павлова // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – Тольятти: Ассоциация "Профессиональные аналитики аутопойэйзисных систем", 2019. – № 3 (28). – Т. 8. – С. 89-92.

4. Официальный сайт разработчиков программы StarUML [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://staruml.io/

5. SQL Developer Data Modeler Downloads [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.oracle.com/tools/downloads/sql-data-modeler-downloads.html

6. Официальный сайт системы phpMyAdmin. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.phpmyadmin.net/

Применение технологии IP SLA для обеспечения отказоустойчивости сети

Н. П. Кураков, email: kalkree@gmail.com
М. К. Чернышов, email: mkch69@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматривается один из методов обеспечения отказоустойчивости сети, реализуемый с помощью технологии IP SLA на сетевом уровне модели OSI в сетевой лаборатории EVE-NG с использованием маршрутизаторов Cisco и Mikrotik, обеспечивающий дублирование ключевого соединения между маршрутизаторами.*

Ключевые слова: *глобальные сети, маршрутизация, отказоустойчивость сети, ключевое соединение, промежуточная сеть.*

Введение

Большинство современных компьютеров образует между собой компьютерные сети, будь то крупное предприятие или локальная домашняя сеть. Как правило, при конфигурировании и настройке сети необходимо обеспечивать доступ к тем или иным ключевым узлам сети, серверам, Интернету. При этом в компьютерных сетях, как и везде, случаются сбои, оказывающие влияние на работоспособность системы в целом. В итоге все чаще возникает вопрос о том, каким образом решать проблему отказоустойчивости в компьютерных сетях.

Как известно, отказоустойчивость сети характеризуется двумя параметрами: избыточностью (количеством дублированных соединений) и временем восстановления после сбоя. С физической, аппаратной точки зрения решение всегда одно – дублирование ключевого соединения. Однако, при использовании программного, логического подхода к изучению данной проблемы можно говорить о множестве различных способов ее решения. Большинство из них реализуется на канальном и сетевом уровнях сетевой модели OSI. В данной работе рассматривается один из современных методов обеспечения отказоустойчивости компьютерной сети, основанный на использовании технологии IP SLA [1], работающий на сетевом уровне модели OSI.

Помимо технологии IP SLA существует много аналогов, имеющие свои преимущества и недостатки, однако, в отношении их данная

© Кураков Н. П., Чернышов М. К., 2021

технология является наиболее предпочтительной по причине отсутствия требований серьёзных возможностей от аппаратуры, минимальной нагрузки на сеть и быстрого восстановления работоспособности.

1. Схема сети. Постановка задачи

На рисунке представлена схема локальной сети с дублированием ключевого соединения между двумя маршрутизаторами. Схема построена и реализована в рамках сетевой лаборатории EVE-NG [2].

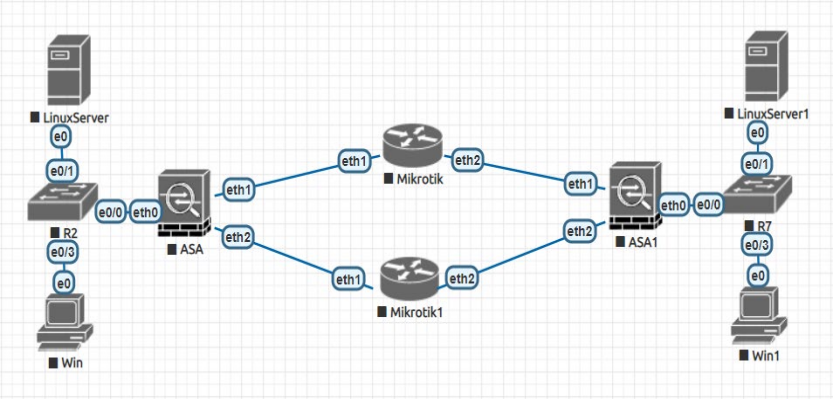


Рисунок. Примерная схема локальной сети

Рассмотрим структуру данной сети подробнее. Присутствуют две локальные сети с маршрутизаторами Cisco серии ASA (ASA и ASA1) и между ними два роутера Mikrotik, эмулирующие промежуточные сети (Miktotik и Mikrotik1). Считается, что соединение через «верхнюю» промежуточную сеть (Mikrotik) является основным, а через «нижнюю» – резервным. В случае штатной работы должен использоваться основной маршрут, в случае его отказа должен быть осуществлён переход на резервный.

В каждой локальной сети присутствуют рабочие станции под управлением ОС Windows и ОС Linux. Рабочие станции Windows использовались для настройки маршрутизаторов, а Linux – для тестирования работы полученной системы. Для удобства в каждой локальной сети был установлен и запущен локальный веб-сервер nginx с изменённой стартовой страницей для определения сервера, к которому выполнено подключение.

Рабочие станции под управлением ОС Windows получают IP адрес по DHCP, ОС Linux имеет статический адрес. А каждый маршрутизатор

транслирует трафик с «уличного», внешнего интерфейса, на адрес рабочей станции с установленным nginx.

В данной работе промежуточные узлы должны только пропускать трафик между интерфейсами. В реальной системе в этом месте может быть представлена другая локальная сеть со своим маршрутизатором, который отслеживает и анализирует получаемые пакеты.

2. Этапы реализации отказоустойчивости

Алгоритм решения поставленной задачи состоит из нескольких шагов.

Вначале требуется произвести базовую настройку маршрутизаторов конечных сетей, а именно настроить активные интерфейсы – указать их адреса и маски, настроить работу по протоколу DHCP.

```
interface Ethernet0
 nameif inside
 security-level 100
 ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
!
interface Ethernet1
 nameif tomiddlenet1
 security-level 0
 ip address 192.168.101.10 255.255.255.0
!
interface Ethernet2
 nameif tomiddlenet2
 security-level 0
 ip address 192.168.102.10 255.255.255.0
!
dhcpd address 192.168.50.10-192.168.50.50 inside
dhcpd enable inside
aaa authentication ssh console LOCAL
aaa authentication http console LOCAL
http server enable
http 192.168.50.0 255.255.255.0 inside
ssh 192.168.50.0 255.255.255.0 inside
crypto key generate rsa
username asdmadmin password asdmadmin privilege 15
```

Далее необходимо настроить службу IP SLA и функционирование механизма переключения track. Для этого нужно включить службу sla monitor и указать необходимые параметры (число пакетов, необходимых для объявления узла недоступным; частоту отправки ICMP пакетов; «график» и время работы службы и т.д.). После чего уже подключить её к механизму track, который будет отслеживать состояние sla monitor и в

зависимости от состояния службы выключать или выключать основной маршрут.

```
sla monitor 123
type echo protocol ipIcmpEcho 192.168.101.200 interface
tomiddlenet1
 num-packets 3
 frequency 5
sla monitor schedule 123 life forever start-time now
!
track 1 rtr 123 reachability
```

Следующим шагом является установка путей на маршрутизаторах конечных сетей. Как было сказано ранее, «верхний» маршрут является основным, соответственно он будет иметь наивысший приоритет, но к нему необходимо подключить сконфигурированный ранее механизм track. Резервный маршрут имеет меньший приоритет и работает всегда, вне зависимости от состояния track.

```
route tomiddlenet1 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.101.200 1 track 1
route tomiddlenet2 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.102.200 254
```

Последним шагом в конфигурации маршрутизаторов является настройка NAT для трансляции входного трафика на локальный веб-сервер. В данной работе достаточно получать только пакеты по 80 и 8080 порту, поскольку nginx в базовой конфигурации использует только их.

```
access-list input1 extended permit tcp any object server1 eq
www
access-list input1 extended permit tcp any object server1 eq
8080
access-list input2 extended permit tcp any object server2 eq
www
access-list input2 extended permit tcp any object server2 eq
8080
access-group input1 in interface tomiddlenet1
access-group input2 in interface tomiddlenet2
object network server1
 nat (inside,tomiddlenet1) static interface
object network server2
 nat (inside,tomiddlenet2) static interface
```

В данной работе промежуточные сети используются только в качестве посредников, соответственно, достаточно настроить сетевой мост между интерфейсами, чтобы они находились в одной локальной сети и могли транслировать трафик между собой.

```
/interface ethernet set [find default-name=ether1]
name=middlenet1
/interface ethernet set [find default-name=ether2]
name=middlenet2
/interface bridge add name=middlenet
/interface bridge port add interface=middlenet1
bridge=middlenet
/interface bridge port add interface=middlenet2
bridge=middlenet
ip address add address=192.168.101.200/255.255.255.0
interface=middlenet
```

В итоге, в случае штатной работы системы трафик будет идти через основной маршрут, но если в процессе работы выключить узел Mikrotik, то после получения таймаутов по 3 отправленным ICMP пакетам автоматически будет осуществлен переход на резервный маршрут.

Заключение

Таким образом, благодаря использованию технологии IP SLA была решена проблема отказоустойчивости сети без серьёзного повышения нагрузки на сетевое оборудование и с достаточно быстрым восстановлением соединения.

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

Список литературы

1. IP SLA [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : http://ciscomaster.ru/node/9/

2. Сетевая лаборатория EVE-NG [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : https://www.eve-ng.net/

Применение системы автоматизированного полидисциплинарного контроля в учебном процессе

Е. С. Легостаева, email: legelen36@gmail.com
Л. А. Великанова, email: Velar1966@mail.ru
А. Н. Рощупкин, email: reivrn@gmail.com

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени
профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Представлена система автоматизированного полидисциплинарного контроля для общеинженерных дисциплин, которая обеспечит расширение возможностей доступа курсантов к систематизированной на основе междисциплинарных связей инженерной информации в ускоренном режиме. Внедрение такой системы в учебный процесс должно способствовать усилению мотивации к обучению.*

Ключевые слова: *Междисциплинарный модуль, система автоматизированного полидисциплинарного контроля, тестирование, учебный процесс, среда программирования Visual Studio, язык C#.*

Введение

Военные вузы как часть системы высшего образования не могут находиться в стороне от происходящих в России изменений, связанных с формированием новых запросов общества и государства к компетенциям специалиста. Сложный и динамичный характер современной служебно-боевой деятельности, использование в ней новейших информационных технологий, образцов вооружения и военной техники обусловливают объективную потребность в совершенствовании системы профессиональной подготовки военных специалистов [1]. Надо иметь в виду, что наряду со знаниями общего характера об объектах необходимо формировать знания о методах, принципах и приёмах научной деятельности [2]. Особую значимость в этой деятельности приобретает базовая научно-техническая информация, которая позволяет создавать перспективные образцы новой военной техники и новые виды технологий.

© Легостаева Е.С., Великанова Л.А., Рощупкин А.Н., 2021

Актуальной задачей, стоящей сегодня перед высшим профессиональным образованием, становится практическая реализация компетентностного подхода. С введением новых образовательных стандартов третьего поколения ФГОС ВПО, требуется обновление содержания, форм, методов и средств обучения с позиции компетентностного подхода.

Особое значение в этой связи приобретают межпредметные связи в системе профессионального образования. Можно выделить три модели межпредметных связей:

– естественнонаучные дисциплины – спецдисциплины;
– общепрофессиональные дисциплины – спецдисциплины;
– спецдисциплины – спецдисциплины.

Анализ рабочих программ по математике, инженерной и компьютерной графике и сопротивлению материалов показал отсутствие междисциплинарных связей, необходимых для формирования профессиональной компетентности специалистов в военных технических вузах[3]. Одним из способов решения этой проблемы коллектив авторов предлагает автоматизированную систему полидисциплинарного контроля.

1. Тестирующий модуль автоматизированной системы полидисциплинарного контроля

В среде объектно-ориентированного программирования Visual Studio на языке C# была разработана система полидисциплинарного контроля. Она состоит из программы «Полисвязь», программы «Выводы» и папок «Справочный материал», «Математика», «Сопротивление материалов», «Результаты тестирования». Программные продукты соответствуют уровню современных Windows-приложений, обладают интуитивно-понятным интерфейсом, действия пользователя не отличаются от обычных действий в других приложениях операционной системы Windows.

Все элементы программного комплекса размещаются в соответствующих папках и объединены в папке «Программный комплекс ПОЛИСВЯЗЬ». Запуск мониторинга полидисциплинарного контроля осуществляется файлом «Полисвязь.exe».

В папках «Математика» и «Сопротивление материалов» находятся служебные файлы в формате jpg, в папке «Справочный материал» располагаются файлы с теоретическими материалами по соответствующим разделам математики и сопротивления материалов в формате pdf. В папке «Результаты тестирования» создаются и хранятся файлы в формате txt с информацией по тестированию каждого курсанта.

Запуск программного комплекса «Полисвязь» открывает начальную страницу, представленную на рис. 1.

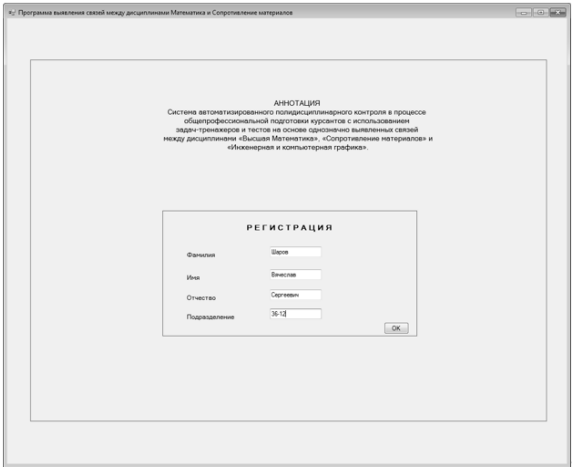


Рис. 1. Начальная страница

После ввода данных в соответствующие окна и по нажатию на клавишу «ОК» программа предоставляет возможность ознакомления с теоретическим материалом по теме, указанной на экране, – «Вычисление моментов инерции профилей бруса». На рис. 2 представлено окно программы с двумя кнопками «Ознакомиться с теорией» и «Перейти к тестированию». При выборе указателем мыши кнопки «Ознакомиться с теорией», загружается файл с теорией по сопротивлению материалов, содержащий справочную информация по данной теме, как представлено на рис. 3.

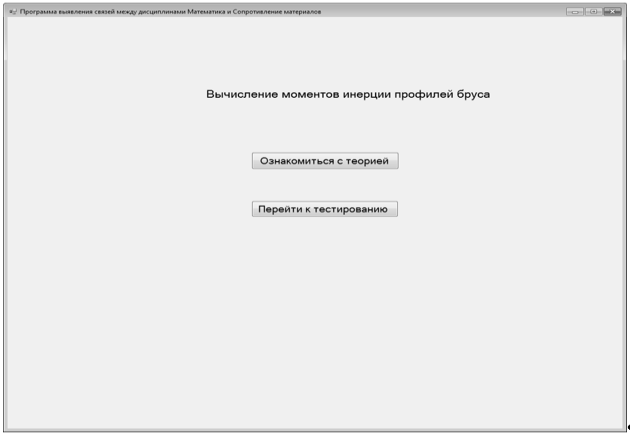


Рис. 2. Окно программы с кнопками

Если введен верный ответ, то кнопка «Далее» становится доступной, как показано на рис. 4, и по нажатию на нее происходит переход к следующей задаче. На рис. 5 показано окно программы в случае, если ответ неверен.

1. Вычисление моментов инерции простых профилей бруса

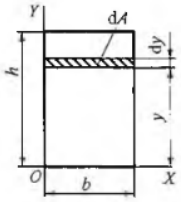
Задача 1.1. Прямоугольное сечение в произвольных осях координат. Найти осевой момент инерции прямоугольного сечения с основанием b и высотой h относительно его основания (оси X).

Решение.

1. Выбрать произвольные оси координат X и Y так, чтобы прямоугольник находился в первом квадранте.

2. Выбрать элементарную площадку в прямоугольнике с координатой y, и высотой dy как показано на рисунке, в виде заштрихованной полоски.

$$dA = b \cdot dy$$



3. Подставить выражение dA в общее выражение момента инерции (5.8) и решить полученный интеграл

$$I_x = \int_A y^2 dA = \int_0^h y^2 \cdot b \cdot dy = b \int_0^h y^2 dy = b \cdot \frac{y^3}{3} \Big|_0^h$$

Окончательно

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{3} \qquad (5.15)$$

Рис. 3. Справочный материал

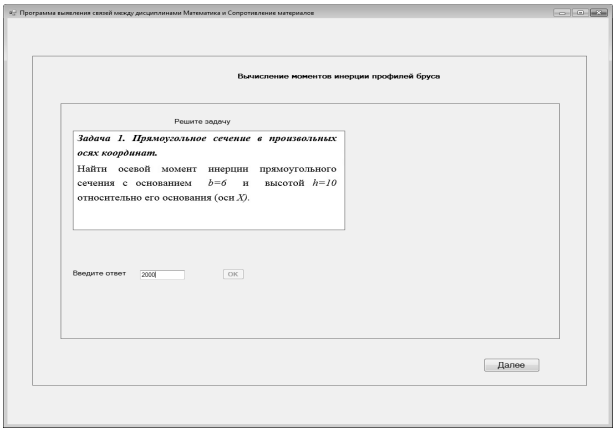


Рис. 4. Страница с задачей

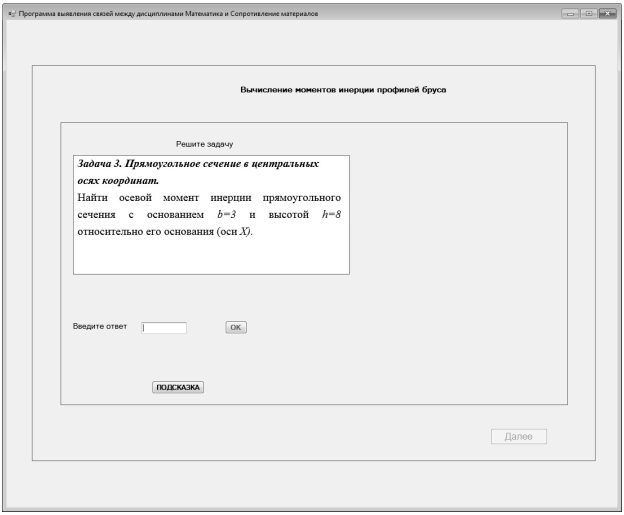


Рис. 5. Окно с видимой кнопкой «Подсказка»

Становится видимой кнопка «Подсказка», по нажатию на которую появляется подсказка по дисциплинам «Сопротивление материалов» и «Математика», как представлено на рис. 6.

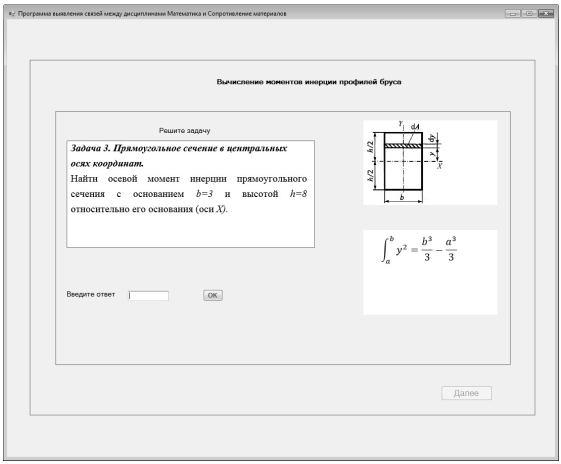


Рис. 6. Окно с подсказками для решения задачи

После решения задач, если пройдено пороговое значение, программа сообщает о выставленной оценке и о формировании файла с результатами тестирования, как на рис. 7.

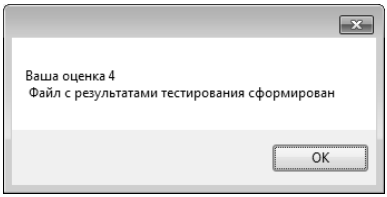


Рис. 7. Сообщение о результатах тестирования

Если тестирование по сопротивлению материалов не пройдено, то программа предлагает тестируемому пройти задачи-тренажеры по математике.

После тестирования по математике программа оценивает, пройдено ли пороговое значение. Если да – предоставляется повторное тестирование по сопротивлению материалов, если нет – формируется выходной файл с результатами тестирования, как по дисциплине «Сопротивление материалов», так и по дисциплине «Математика».

После повторного тестирования по сопротивлению материалов формируется файл с результатами по последнему тестированию по сопротивлению материалов и по тестированию по математике. Название файла содержит информацию о группе, фамилии, имени и отчестве

тестируемого. Например, «Группа 36-12 Кашин Леонид Михайлович.txt». В этом файле хранится информация о дате тестирования, номере группы, фамилии, имени, отчестве, теме тестирования, оценке, полученной по результатам тестирования.

Далее в файл заносятся данные о результатах по каждому тесту. Первая цифра, это 1 или 2, указывает об отсутствии или наличии повторного тестирования по сопротивлению материалов. Следующие 14 цифр – это данные по результатам решения задач по сопротивлению материалов:

– первые 7 цифр указывают, правильно ли решена задача (0 – неправильно 1 – правильно),

– вторые 7 цифр указывают на количество попыток решения (попыток может быть 1 или 2).

Остальные 20 цифр – это данные по результатам решения задач по математике:

– первые 10 цифр указывают, правильно ли решена задача (0 – неправильно 1 – правильно),

– вторые 10 цифр указывают на количество попыток решения (попыток может быть 1 или 2).

Если тестирование по сопротивлению материалов было пройдено дважды, то в файл записывается результат второго тестирования.

2. Анализирующий модуль автоматизированной системы полидисциплинарного контроля

Файл «Выводы.exe» является анализирующей частью программного комплекса. Он обеспечивает представление результатов анализа тестирования в форме итоговых таблиц и диаграммы. Исходными данными для программы являются данные, содержащиеся в файлах, которые формируются тестирующей частью программного комплекса.

Для проведения анализа результатов тестирования необходимо выполнить следующие действия:

– вызвать программу «Выводы.exe»;

– нажать кнопку «Выберите файлы для анализа» на рабочем поле, как показано на рис. 8.

На рис. 9 показано окно выбора файлов для анализа результатов тестирования. Необходимо выбрать все файлы, которые были сформированы программой «Полисвязь.exe» и сохранены в папке с данными группы, например, «Тестирование группы 36-12 15 октября 2020 г».

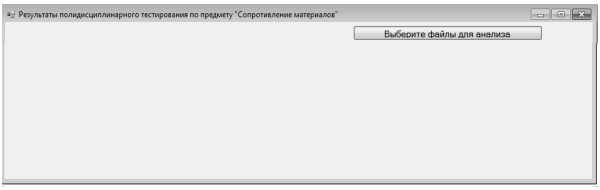


Рис. 8. Рабочее поле программы «Выводы.exe»

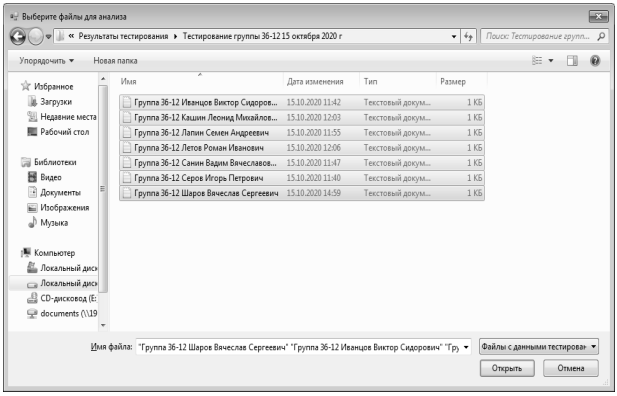


Рис. 9. Окно выбора файла для анализа

Программа «Выводы.exe» считывает данные, находящиеся в файлах с результатами тестирования и обрабатывает их. Чтобы получить результаты анализа тестирования по вопросам и уровням выбранных вариантов ответов требуется нажать на кнопки «Вывод результатов в табличном виде» и «Диаграмма» соответственно, как представлено на рис. 10.

В первой таблице представлены результаты тестирования по каждой задаче по сопротивлению материалов респондентов, прошедших тестирование с первой попытки, во второй таблице – результаты тестирования по сопротивлению материалов и математике респондентов, прошедших тестирование со второй попытки. На диаграмме представлены сводные результаты тестирования с ранжированием по всей группе.

Таким образом, проанализировав результаты тестирования, можно сделать вывод о качестве подготовки по предмету «Сопротивление материалов» и, в случае необходимости, вернуться к изучению соответствующей темы по математике.

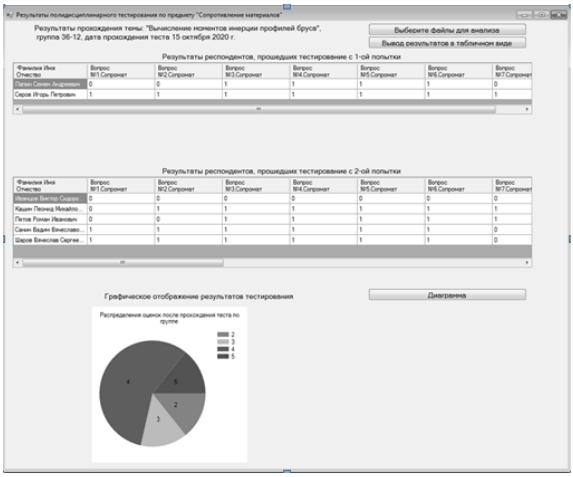


Рис. 10. Вывод результатов тестирования

На рис. 1 – рис. 9 показаны стадии полидисциплинарного мониторинга общепрофессионального образовательного цикла курсантов второго года обучения с углубленным изучением главных понятий и методов решения задач дисциплины «Сопротивление материалов» по теме «Вычисление моментов инерции плоских сечений».

Заключение

Особенностью разработанной автоматизированной системы полидисциплинарного контроля в процессе общепрофессиональной подготовки курсантов является то, что центр тяжести изучения разделов дисциплин «Инженерная и компьютерная графика», «Математика» и «Сопротивление материалов» постепенно переносится на курсанта, активно участвующего в учебном процессе под руководством преподавателя. Благодаря использованию новых информационных технологий курсант, мотивированный к образовательному процессу, выбирает индивидуальную траекторию развития. У преподавателя появляется дополнительная важная функция – поддержка курсанта в его учебно-исследовательской деятельности при решении возникающих проблем, помощь в освоении большого объема разнообразной информации.

Подбор междисциплинарных задач-тренажеров позволяет выработать навыки владения законами, обладающими

междисциплинарной общностью, что актуально для общепрофессиональных дисциплин.

Разработанная автоматизированная система полидисциплинарного контроля для дисциплин «Сопротивление материалов» и «Математика» может быть рекомендована для широкого внедрения в практику компьютеризации процесса обучения в военных учебных заведениях технического профиля.

Список литературы

1. Дидактические основы разработки и применения в военном вузе современных технологий обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.voenobr.ru/literatura/voennaya-psyhologia/424-sovremennie-tehnologii-obuchenia

2. Гузеев, В.В. Исследовательская работа в профильном обучении / В.В. Гузеев // Народное образование. – 2010. – №7. – С. 192-196.

3. Ерофеева, Г.В. Согласование курсов естественно-научных дисциплин и математики в техническом университете / Г.В. Ерофеева, И.П. Чернов, В.В. Ларионов // Физическое образование в вузах. – 2001. – Т. 7. – №2. – С. 129-134.

Использование моделей, методов и алгоритмов адаптации при разработке образовательных информационных систем

М. С. Николюкин, email: ch1ppyone@mail.ru
А. Д. Обухов, email: obuhov.art@gmail.com

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В работе описана возможность использования моделей, методов и алгоритмов адаптации в образовательных информационных системах на конкретных примерах использования, а также предложена архитектура подобной системы, реализующая описанные функции.*

Ключевые слова: *информационная система, методы и алгоритмы адаптации, образовательный процесс.*

Введение

В связи с развитием новой коронавирусной инфекции (COVID-19), многие школы, учреждения среднего профессионального и высшего образования были вынуждены ограничить пребывание обучающихся, отдав предпочтение дистанционным образовательным технологиям.

Однако, на текущий момент не вся территория страны (особенно удаленные образовательные учреждения, расположенные в небольших деревнях и селах) имеет повсеместное и устойчивое Интернет-покрытие, либо доступная ширина канала не обеспечивает поддержку всех необходимых функций, в частности передачи данных при организации видеоконференций. Данные факторы не позволяют обучающимся в полной мере участвовать в образовательном процессе. Также, далеко не все обучающиеся и преподаватели в совершенстве владеют компьютерными технологиями, процесс их освоения может оказаться достаточно сложным и длительным. Чтобы частично решить описанные выше проблемы, при проектировании образовательных информационных систем для дистанционного образования можно использовать модели, методы и алгоритмы адаптации. Адаптивная информационная система (ИС) – это система, которая может автоматически изменять свои алгоритмы функционирования или собственную структуру для достижения и поддержания оптимального состояния при изменении факторов окружающей среды.

Проблема разработки удобных и адаптированных к требованиям пользователей систем существует давно, так как в этом вопросе

© Николюкин М. С., Обухов А. Д., 2021

существуют противоречия между мнением разработчиков и субъективными пожеланиями конечных пользователей.

Образовательные стандарты постоянно развиваются и дополняются, что в свою очередь требует соответствующей модификации системы для реализации требований стандартов, в том числе ее функциональных характеристик.

Автоматизация этого процесса в будущем позволит значительно сократить как временные, так и материальные затраты на разработку и модернизацию подобного рода систем.

1. Модели, методы и алгоритмы адаптации в образовательных ИС

Основной задачей ИС, реализующих образовательный процесс в дистанционном формате, является организация видеоконференции обучающихся с преподавателями и наставниками. Как правило, типичная система подобного типа основана на архитектуре «клиент-сервер», как показано на рис. 1 в виде UML-диаграммы развертывания.



Рис. 1. Четыре уровня методологии CRISP

Внешним фактором в случае представленной архитектуры, при организации видеоконференции, является скорость Интернет-соединения, так как в условиях низкой пропускной способности канала передача видеопотока может быть затруднена. Исходя из данных условий, возникает необходимость передачи видеопотока такого качества, которое максимально бы задействовало возможности канала передачи данных.

Помимо скорости Интернет-соединения обеих сторон (преподавателя и обучающегося), также стоит учитывать мощность клиентских устройств, которые непосредственно участвуют в процессе декодирования и передачи видеопотока на промежуточный сервер для его последующего хранения и выдачи.

В зависимости от конфигурации клиентского устройства, скорость и способность декодировать видео могут различаться. Так, например,

видеопоток FullHD с максимальной скоростью передачи данных может просто избыточно загрузить устройство, поэтому адаптация характеристик видеопотока для оптимального декодирования к текущим характеристикам клиента также актуальна.

Для решения описанной задачи перед запуском процесса декодирования видео необходимо провести серию тестов (бенчмарков), чтобы узнать характеристики устройства и текущую скорость Интернет-соединения. Затем, исходя из полученных данных на предыдущем этапе, проверяется их соответствие ограничениям, вычисляются оптимальные характеристики для декодирования и передачи видеопотока.

Таким образом можно поставить задачу оптимизации: необходимо найти допустимые значения параметров качества видео (битрейт, разрешение видео, кадровая частота) для обоих сторон, при которых значение целевой функции качества видеопотока стремится к максимуму. В данном случае, ограничениями будут являться нагрузка на устройство и пропускная способность канала передачи данных. Решение задачи может быть осуществлено методом перебора, поскольку значения основных показателей видеопотока варьируются в диапазоне малых наборов.

В особо сложных случаях, когда передать видео не является возможным, можно применить адаптацию, основанную на нейросетевых технологиях. В данном случае, в реальном времени осуществляется распознание речи докладчика и вместо «тяжелых» аудио и видеодорожек происходит доставка «легких» текстовых пакетов данных клиентам.

Важной задачей при реализации образовательных информационных систем является также их доступность для пользователей разных возрастных категорий, опираясь на их опыт компьютерной грамотности, а также под их индивидуальные потребности, что позволит обеспечить удобство использования.

Данная задача может быть решена также с использованием нейросетевых технологий. Нейросеть, обучаемая на основе экспериментальных данных, может автоматически генерировать отображение с наиболее удобным и интуитивным расположением элементов пользовательского интерфейса.

Таким образом, изобразим примерную архитектуру описанной системы в виде UML-диаграммы компонентов, представленной на рис. 2.

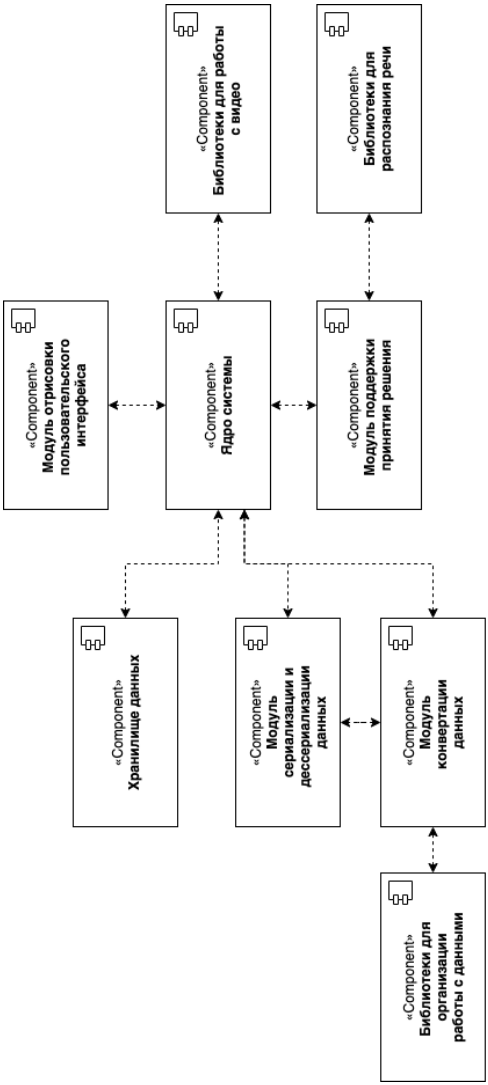


Рис. 2. Жизненный цикл процесса Data Mining согласно методологии CRISP

Для реализации компонентов адаптивной ИС необходима реализация следующих составляющих:

- модель адаптивной информационной системы, отражающая общую архитектуру, структуру компонентов и их функциональные особенности, что позволит осуществить синтез ИС [1,2];

- модель обработки информации, формализующая структуру информационных объектов в предметной области и позволяющая осуществлять преобразование информационных объектов из одного формата в другой (например, из видео- и аудио- формата в текстовое представление) [3];

- метод конвертации данных, включающий операции по сериализации и десериализации данных, извлечения содержимого и преобразования в требуемые форматы;

- метод распознавания речи для получения текстового представления звуковой информации, передаваемой в ИС;

- алгоритм отрисовки пользовательского интерфейса, основанный на применении нейросетевых технологий для адаптации параметров интерфейса под особенности оборудования и личные данные пользователя [4];

- алгоритм передачи данных, анализирующий аппаратные возможности канала передачи данных и осуществляющий необходимые преобразования информации для повышения стабильности и скорости передачи данных.

Полученные структура ИС, модели, методы и алгоритмы позволят осуществить адаптацию ИС в условиях различных негативных факторов внешней среды, а также под особенности конкретных пользователей.

Заключение

Использование моделей, методов и алгоритмов адаптации, описанных в данной работе, при разработке образовательных информационных систем, несомненно является актуальным, так как это позволит оптимизировать и улучшить качество образовательного процесса в целом.

Дальнейшие исследования, связанные в области разработки адаптивных ИС, можно связать с концепцией UMVC на основе нейросетевых и веб-технологий [4]. Данный фреймворк на текущей момент активно реализуется коллективом авторов статьи.

Применение методов машинного обучения при решении задач проектирования и разработки систем позволит автоматизировать анализ и обработку данных, а также процесс принятия решений разработчиком.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, грант Президента РФ МК-74.2020.9

Список литературы

1. Киреенкова, М. С. Экономико-математическая нейросетевая модель для прогнозирования пассажиропотока железнодорожного пригородного сообщения / М. С. Киреенкова, А. Ю. Пучков, Е. И. Лобанева // Транспортное дело России. – 2018. – № 4. – С. 96-101.

2. Mokrozub, V. G. Procedural model for designing multiproduct chemical plants / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, A. V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – Vol. 53. – №. 5-6. – P. 326-331.

3. Mathematical Model of Information Processing in Electronic Document Management System / A. D. Obukhov [et. al] // International Review of Automatic Control. – 2018. – Vol. 11. – P. 336-345.

4. Obukhov, A. Algorithm of adaptation of electronic document management system based on machine learning technology / A. Obukhov, M. Krasnyanskiy, M. Nikolyukin // Progress in Artificial Intelligence. – 2020. – №.9(4). – P. 287-303.

Применение теории LP-структур к формализации методов рефакторинга кода

А. А. Ногих, email: a.nogikh@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматриваются вопросы автоматизации двух методов рефакторинга объектно-ориентированных программ – метод поднятия общих атрибутов и метод совмещения атрибутов. Отражаются и анализируются последние результаты в области применения теории LP-структур к данной задаче. Предлагаются дальнейшие направления исследований LP-структур на решетках типов.*

Ключевые слова: *объектно-ориентированное программирование, рефакторинг, интеллектуальная система, LP-структура, инструментальные средства разработки.*

Введение

В течение стадии сопровождения программные системы модифицируются с целью исправления ошибок, адаптируются к новым требованиям, вынужденно уходят от изначально спроектированной структуры. Этот процесс неизбежно сопровождается ухудшением качества кода, что делает дальнейшие изменения системы все более сложными.

Остановить деградацию кода помогает рефакторинг – процесс такого изменения программной системы, при котором ее внешнее поведение сохраняется, а внутренняя структура улучшается. Ознакомиться с известными методами рефакторинга можно в фундаментальном обзоре [1].

Очевидно, что рефакторинг больших компьютерных программ представляет серьезную проблему. Для ее решения и автоматизации привлекаются различные математические подходы.

В статье [2] показано, что математической основой рефакторинга может служить теория LP-структур, предоставляющая эффективные алгебраические модели для различных систем в информатике. Этот подход позволяет проводить автоматическую оптимизацию типов объектно-ориентированной системы, включающую устранение дублирования кода путем «подъема» общих атрибутов по иерархии

© Ногих А. А., 2021

наследования («Pull Up Field» в терминологии [1]) и удаление избыточных атрибутов.

Путем формального применения двойственности операций в LP-структурах в статье [3] был получен новый метод рефакторинга – совмещение атрибутов и описан соответствующий ему класс LP-структур. Данный метод применим только для рефакторинга кода на языках программирования, поддерживающих множественное наследование. Однако, его существование можно оправдать наличием как минимум языка C++, уже десятилетия остающегося в числе высоко востребованных.

В течение последних лет велась исследовательская работа по поиску способов адаптации изначально теоретической и очень абстрактной модели к многообразию возможных на практике программных систем и подходов к их рефакторингу. В данной работе рассматриваются и систематизируются последние достижения в рамках это области, а также описываются направления для дальнейшей деятельности.

1. Базовые понятия теории LP-структур

В статьях [2] и [3] были введены и исследованы LP-структуры на решетках типов. Ниже представлены основные понятия и результаты, необходимые для использования в настоящей работе.

Определение 1. Под LP-структурой подразумевается алгебраическая система, представляющая собой математическую решетку $\mathbb{F}(\leq,\wedge,\vee)$ с дополнительно заданным на ней бинарным отношением $\leftarrow$, обладающим следующими свойствами:

– включение «тавтологий»: $\leq\subseteq\leftarrow$;

– транзитивность: из $a\leftarrow b$ и $b\leftarrow c$ следует $a\leftarrow c$ ($a,b,c\in\mathbb{F}$);

– дистрибутивность (см. ниже).

Выделяется два вида дистрибутивности.

– $\wedge$-дистрибутивность, при которой из $b\xleftarrow{R}a_1$ и $b\xleftarrow{R}a_2$ следует $b\xleftarrow{R}a_1\wedge a_2$;

– $\vee$-дистрибутивность: из $b_1\leftarrow a$ и $b_2\leftarrow a$ следует $b_1\vee b_2\leftarrow a$.

Между парами типов (классов) в объектно-ориентированном программировании существуют как минимум два вида связей – наследование и агрегация. Множество типов и связи по наследованию моделирует решетка $\mathbb{F}$. Ее элементы соответствуют типам данных: если

тип b является наследником a, то $b \le a$. Элемент $a \wedge b$ соответствует наибольшему общему потомку a и b, в то время как $a \vee b$ обозначает наименьшего общего предка a и b. Вводятся (при их отсутствии) фиктивные общий предок I и общий потомок O. Определенная таким образом решетка называется решеткой типов.

Дополнительно на решетке $\mathbb{F}$ задается бинарное отношение R, соответствующее агрегации: если тип b агрегирует объект типа a, то $(b,a) \in R$. Отметим, что $(\mathbb{F},R)$ еще не является LP-структурой, поскольку при таком построении нельзя гарантировать, что R будет удовлетворять всем условиям определения 1.

Оба введенных отношения ($\le$ и R) в предметной области имеют общую семантику – один тип получает возможности другого типа доступом к его атрибутам. Семантически ясно, что отношение «обладания набором возможностей» обязано быть рефлексивным и транзитивным. Будем обозначать как $\xleftarrow{R}$ замыкание отношения R относительно 3-х свойств в определении 1.

Понятие дистрибутивности отношения $\xleftarrow{R}$ задает семантику монотонного логического вывода. При наличии $\vee$-дистрибутивности из $b_1 \xleftarrow{R} a$ и $b_2 \xleftarrow{R} a$ следует $b_1 \vee b_2 \xleftarrow{R} a$. Это означает, что если тип b_1 обладает возможностями a и b_2 обладает возможностями a, то и наименьший общий предок b_1 и b_2 также обладает возможностями типа a. Если поместить атрибут a в $b_1 \vee b_2$, то b_1 и b_2 получат его в порядке наследования, что будет соответствовать рефакторингу методом подъема общих атрибутов.

При наличии $\wedge$-дистрибутивности из $b \xleftarrow{R} a_1$ и $b \xleftarrow{R} a_2$ следует $b \xleftarrow{R} a_1 \wedge a_2$. Это означает, что если тип b обладает возможностями типов a_1 и a_2, то он также обладает возможностями типа $a_1 \wedge a_2$. Если поместить атрибут типа $a_1 \wedge a_2$ в b, то тип b получит возможности типов a_1 и a_2 одновременно, независимо от наличия атрибутов a_1 и a_2 в отдельности, что будет соответствовать рефакторингу методом совмещения атрибутов.

Рефакторинг методом совмещения атрибутов схематично изображен на рисунке в виде UML-диаграмм классов. «SomeClass», содержащий атрибут типа «A» и атрибут типа «B», трансформируется в «SomeClass'», содержащий один атрибут типа «C», являющийся

наследником «A» и «B» (в терминах решетки типов это можно записать как $A \wedge B = C$).

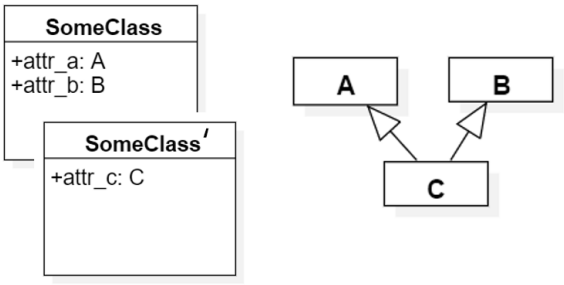


Рисунок. Схематичное изображение рефакторинга методом совмещения атрибутов

Рефакторинг выполняется для улучшения внутренней структуры кода, и недопустимы ситуации с противоположным результатом. В частности, безусловное выполнение дистрибутивности нецелесообразно, так как может привести к совмещению таких атрибутов, которые должны быть раздельными по объективным причинам. Для исключения подобных случаев дополнительно устанавливается ряд ограничений на допустимые преобразования иерархии типов.

В работе [3] была представлена формализация процесса рефакторинга методом совмещения атрибутов на основе применения LP-структур, обладающих $\vee$-дистрибутивностью.

Ниже перечисляются некоторые из определений, позволивших учесть естественные ограничения в процессе рефакторинга.

Определение 2. Пусть R – отношение на решетке $\mathbb{F}$. Две пары вида $(b_1, a), (b_2, a) \in R$ называются $\vee$-совместимыми, если существуют такие $c_1, c_2 \in \mathbb{F}$, что $b_1 \vee b_2 \le c_1 \vee c_2$, причем $(c_1 \vee c_2) \wedge a = O$ и пары $(c_1, a), (c_2, a) \in R$ не транзитивны. Назовем (c_1, c_2, a) $\vee$-дистрибутивной тройкой.

Для описания и предупреждения возможных конфликтов при поднятии атрибутов в разных тройках, было введено понятие неконфликтности $\vee$-дистрибутивной тройки. Тройка неконфликтна, если для нее не существует ни одной другой $\vee$-дистрибутивной тройки, такой, что при поднятии атрибута в обеих из них возникнет конфликтная

ситуация. Строгое математическое определение можно найти в оригинальной статье.

Следующие три определения завершают формальное построение LP-структуры на решетке типов.

Определение 3. Назовем отношение R логическим, если оно содержит $\leq$, транзитивно и для любых неконфликтно $\vee$-совместимых пар $(b_1, a), (b_2, a) \in R$ справедливо $(b_1 \vee b_2, a) \in R$.

Определение 4. Логическое замыкание отношения R – наименьшее логическое отношение, содержащее R и его множество неконфликтно $\vee$-совместимых пар.

Определение 5. Два отношения R_1 и R_2, определенные на одной решетке, назовем эквивалентными ($R_1 \sim R_2$), если их логические замыкания совпадают. Логической редукцией отношения R названо эквивалентное ему минимальное отношение R_0.

В работе [2] была доказана теорема о существовании логической редукции LP-структуры на решетке типов и обоснован способ ее эффективного построения.

Симметричные построения, опирающиеся на двойственность операций над LP-структурами, позволили в работе [3] формализовать рефакторинг методом совмещения атрибутов. Набор определений и теорем двойственен описанным выше: $\wedge$-совместимые тройки, неконфликтно $\wedge$-совместимые пары и т.д.

2. Дополнения к модели

Несмотря на то, что семантика элементов LP-структуры на решетке типов четко сформулирована в работах [2] и [3], преобразование в нее структуры классов реальной программной системы не является тривиальной задачей. Обе двойственные формализации рефакторинга приводят к схожим трудностями при попытке их практического применения. В данном разделе описаны дополнения, предложенные к ним.

Существенным препятствием на пути к практическому применению является используемое в оригинальной модели представление агрегации как обладание одного типа возможностями другого. Такой подход допустим, но существует и множество ситуаций, когда тип обладает возможностями некоторого другого типа одновременно в различных «контекстах», не связанных друг с другом.

В качестве решения данной проблемы в работах [4] и [5] было предложено использовать расширенную решетку типов. Она отличается тем, что включает в себя не только типы, но и элементы,

представляющие атрибуты (более точно, «контексты» использования атрибутов).

Расширенная решетка типов строится следующим образом:

– Для каждого типа $t \in \mathbb{F}$ 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, принадлежат к одному «контексту» использования, т.е. их допустимо объединить в общем типе-предке или заменить атрибутом-потомком.

– Для каждого $A_t^{(i)}$ из $\{A_t^{(i)}\}_{i=1}^{N}$ в решетку типов вносится элемент $t_{agg}^{(i)}$. При рефакторинге методом подъема общих атрибутов, как потомок типа t ($t_{agg}^{(i)} \le t$). При рефакторинге методом совмещения атрибутов, как предок 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, выглядит следующим образом: $\forall a \in A : \left(f_{agg}(a), f_{type}(a)\right) \in R$, где $f_{type}(a)$ – тип атрибута a.

В работах [4] и [5] было показано, что данное построение обладает следующим важным свойством.

Логическая редукция R_0 отношения R не будет содержать таких пар $(t,a) \in R_0$, что $t \in \tilde{T}$. Это утверждение соответствует тому, что в результате рефакторинга искусственно добавленные элементы $\tilde{T}$ не будут агрегировать никакие другие типы.

Исходная модель ограничивает совмещение (или перемещение) атрибутов только во избежание ряда учтенных при ее формировании потенциально нежелательных ситуаций. Для обоих рассматриваемых в данной работе методов рефакторинга предложены дополнительные механизмы контроля. Это существенно повышает гибкость автоматизированного рефакторинга.

В обоих случаях данный параметр принял вид предиката $P : \mathbb{F} \times \mathbb{F} \to \{0,1\}$. Для моделируемой иерархии типов равенство

$P(t,a)=0$ означает запрет типу t после рефакторинга агрегировать экземпляр типа a.

Следующее утверждение было доказано в [5] для LP-структур на решетках типов, обладающих $\wedge$-дистрибутивностью, а в [4] для LP-структур на решетках типов, обладающих $\vee$-дистрибутивностью.

Пусть $\tilde{R}$ – логическое отношение с предикатом P, а R_0 – его логическая редукция. Тогда R_0 не содержит пар (t,a), для которых $P(t,a)=0$.

Предикат $P(t,a)$ гарантированно подействует только на непосредственное владение атрибутом. Чтобы запретить типу t получить атрибут типа a как напрямую, так и в порядке наследования, необходимо назначить $P(t',a)=0$ для всех $t':t\le t'$.

3. Процедура автоматизированного рефакторинга

Ниже описывается обобщенный процесс проведения рефакторинга объектно-ориентированной программы на основе рассматриваемой модели.

Шаг 1. Построение и настройка модели.

В первую очередь данный этап подразумевает формирование решетки типов $\mathbb{F}$ и на ней бинарного отношения R.

При обработке программных систем, где иерархия типов не может быть целиком представлена математической решеткой, следует выбрать подмножество значимых для осуществления рефакторинга типов.

Настройка модели может включать, как минимум, контроль над допустимостью совмещения атрибутов (при использовании расширенной решетки типов) и контроль над допустимым размещением атрибутов (при использовании предиката $P(t,a)$).

Шаг 2. Получение новой иерархии типов.

Можно выделить по крайней мере два способа получения новой иерархии типов.

Полная оптимизация подразумевает как выполнение требуемого вида рефакторинга, так и устранение избыточности из иерархии типов. Данный способ осуществляется путем вычисления логической редукции отношения R.

Для осуществления только рефакторинга методом поднятия общих атрибутов, необходимо для каждой $\vee$-дистрибутивной тройки (c_1,c_2,a) поместить атрибут типа a в $c_1\vee c_2$, а затем найти транзитивную редукцию полученного отношения.

Для осуществления только рефакторинга методом совмещения атрибутов необходимо для каждой $\wedge$-дистрибутивной тройки (b, c_1, c_2) поместить атрибут типа $c_1 \wedge c_2$ в b и при этом удалить атрибуты, чей тип x соответствует $c_1 \wedge c_2 < x$, из типа b.

Шаг 3. Построение соответствия между прежней и новой иерархией типов.

Помимо получения размещения атрибутов в новой иерархии, необходимо дополнительно решить следующие практические задачи.

– Обновление дефиниций. Для каждого атрибута a новой иерархии необходимо получить множество атрибутов прежней иерархии типов, которые были совмещены в a. Это позволит учесть свойства имевшихся атрибутов при генерации кода для новых дефиниций.

– 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 [4] было показано, как получить необходимы отображения из результатов шага два при проведении рефакторинга методом подъема общих атрибутов. Для метода совмещения атрибутов способы построения таких отображений были представлены и обоснованы в работе [5].

В публикации [6] приводится детальное описание возможного процесса рефакторинга методом подъема общих атрибутов.

4. Дальнейшие исследования

В качестве возможных направлений для дальнейших исследований по теме можно выделить следующие.

– При формировании множества неконфликтных $\vee$-дистрибутивных (или $\wedge$-дистрибутивных) троек берутся только те тройки, для которых не существует ни одной нейтрализующей. Для получения множества дистрибутивных троек, из которых ни одна не является нейтрализующей для другой, возможны и другие подходы.

– Выявление других нежелательных ситуаций, которые модель должна избегать при осуществлении преобразований иерархии типов.

– Исследование способов автоматизированного построения расширенной решетки типов на основе анализа исходного кода программы.

5. Заключение

В данной работе рассматривались подходы к автоматизации рефакторинга, основанные на применении теории LP-структур. В

рамках одной публикации отражены результаты как начальных работ по теме LP-структур на решетках типов, так и последующих научных трудов, опубликованных как в отечественных, так и в зарубежных журналах.

Представленная алгебраическая структура обладает гибкими возможностями формального описания и преобразования иерархий типов с учетом имеющихся знаний о программной системе. Это обстоятельство позволяет рассматривать такую модель в качестве основы для построения интеллектуальных инструментальных средств автоматизации рефакторинга.

Дальнейшие перспективы в рамках данной тематики связаны как с практической реализацией соответствующих инструментальных систем, так и с совершенствованием самой модели.

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

Список литературы

1. Фаулер, М. Рефакторинг: улучшение существующего кода / М. Фаулер. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2003. – 432 с, ил.

2. Махортов, С. Д. LP-структуры на решетках типов и некоторые задачи рефакторинга / С. Д. Махортов // Программирование. – 2009. – Т. 35. – № 4. – С. 5-14.

3. Махортов, С. Д. LP-структуры для обоснования и автоматизации рефакторинга в объектно-ориентированном программировании / С. Д. Махортов // Программная инженерия. – 2010. – № 2. – С. 15-21.

4. 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.

5. Makhortov, S. D. Application of LP Structures Theory to Intelligent Attribute Merger Refactoring / S. D. Makhortov, A. A. Nogikh // Proceedings of the 18th Russian Conference on Artificial Intelligence (RCAI 2020). Lecture Notes in Artificial Intelligence. – Cham : Springer, 2020. – V. 12412. – P. 437-447.

6. 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.

Проектирование микросервиса файлового хранилища

А. В. Нужных, email: nuzhnykh.avpp@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы проектирования микросервиса облачного хранилища файлов, предоставляющего доступ через API. Также рассматриваются альтернативные решении. Формулируются требования к системе в целом, на основе которых производится проектирование БД и API. Отдельно обсуждается вопрос реализации авторизованного доступа.*

Ключевые слова: *частное файловое хранилище, микросервис, проектирование API, авторизованный доступ.*

Введение

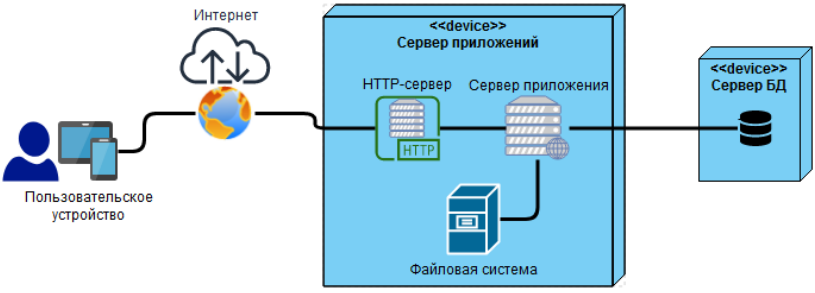
Одной из основных причин создания Web-приложений является необходимость хранить полезную информацию, называемую контентом. Содержание и внешний вид этой информации в большей степени определяется тематикой и назначением разрабатываемого Web-ресурса. Тем не менее, хранимую информацию требуется структурировать, чтобы иметь возможность удобно взаимодействовать с ней. Для этого в основном используются различные СУБД. Наиболее распространённый и простой – табличный способ представления информации с применением реляционной модели данных [1]. Также встречаются и другие подходы, в частности, различные виды так называемых NoSQL БД [2]. Тем не менее, некоторую информацию удобнее хранить в виде обычных файлов в файловой системе. В основном это та информация, которую конечные пользователи и так хранят в виде файлов: изображения, аудио/видео файлы, бинарные файлы, документы, архивы и так далее. В связи с этим, разрабатывая Web-приложения, необходимо предусмотреть возможность хранения файлов и предоставления конечным пользователям доступа к ним.

1. Анализ подходов

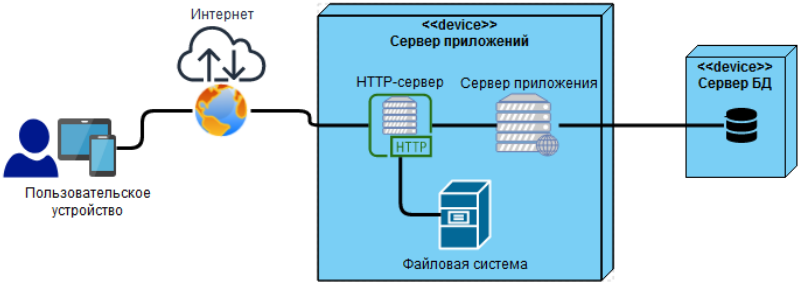
Рассмотрим возможные способы реализации такого файлового хранилища. Наиболее простым вариантом является использование файловой системы того сервера, на котором запущено Web-приложение. При использовании трёхуровневой архитектуры [3] в современных

© Нужных А.В., 2021

реалиях на физическом сервере запущен http-серевер, принимающий запросы из внешней сети, и несколько серверов различных Web-приложений. Http-сервер производит перенаправление входящих соединений на соответствующий сервер Web-приложения, который уже и производит фактическую обработку запросов. В случае работы с данными в виде файлов, как на загрузку, так и на отправку, можно организовать работу как показано на рис. 1а. В этом случае само Web-приложение отвечает за взаимодействие с файлами. При этом стоит учитывать, что всё время работы с файлом соединение остаётся открытым. А следовательно, канал связи и виртуальный порт приложения будут заняты, что может привести к задержкам у других пользователей, которые в данный момент пользуются другими услугами того же Web-ресурса.



а



б

а – Web-приложение обрабатывает запросы к файлам,
б – HTTP-сервер обрабатывает запросы к файлам

Рис. 1. Способы обработки запросов на загрузку и скачивание файлов

Можно настроить http-сервер так, чтобы он сам напрямую взаимодействовал с файловой системой (рис. 1б) в случае запроса доступа к файлу [4, 5]. Однако, этот способ недопустим в случаях, когда доступ к файлам должны иметь авторизованные пользователи, за что должно отвечать само Web-приложение или его подсистема аутентификации и авторизации. Кроме того, это не освобождает канал связи и такой способ подразумевает работу с файловой системой самого сервера, что заставляет операционную систему тратить дополнительные вычислительные ресурсы. Конечно, можно смонтировать внешнюю файловую систему, но это повлечёт за собой увеличение трафика, так как при попытке получить доступ к файлу потребуется сначала скачать его с внешнего сервера.

Ещё одним способом является создание FTP-сервера. Это достаточно простое решение с точки зрения развёртывания. Однако этот подход имеет некоторые недостатки, например, в случае, если предоставлять пользователям прямой доступ к нему с целью уменьшения нагрузки на сервер основного приложения. В частности, могут быть сложности с настройкой авторизованного доступа. Также возможны проблемы, связанные с поддержкой этого протокола браузерами [6].

Несомненно, одним из лучших решений может быть использование уже готовых сервисов. Например, можно интегрироваться с различными облачными хранилищами. Или вообще воспользоваться услугами Firebase [7], где, кроме хранилища файлов, можно найти ещё очень много полезных инструментов. Однако некоторые файлы нельзя хранить на зарубежных серверах [8]. А использование отечественных ресурсов может быть недопустимым из-за внутренних правил компании.

Таким образом, возникает потребность в разработке своей собственной платформы для хранения файлов в виде отдельного Web-приложения, которую можно легко развернуть на собственных вычислительных мощностях.

2. Проектирование

Функциональность хранения файлов идеально подходит под концепцию микросервисной архитектуры. Проектируемое файловое хранилище можно будет удобно и быстро интегрировать с другими подсистемами более сложного приложения. На рис. 2 представлена диаграмма развёртывания разрабатываемого микросервиса. Из неё видно, что файловое хранилище может быть организовано на отдельном сервере и конечные пользователи будут общаться с ним напрямую, не занимая ресурсов основного приложения.

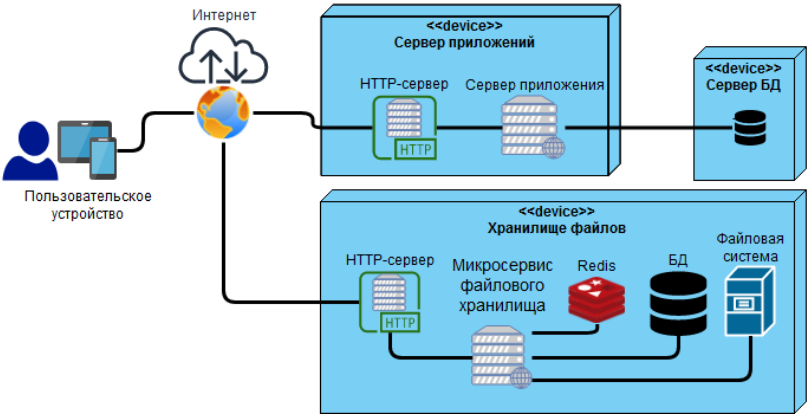


Рис. 2. Диаграмма развёртывания проектируемого микросервиса

Разработка простого HTTP API позволит максимально упростить взаимодействие с сервисом, как со стороны клиентского приложения, так и со стороны других микросервисов всей инфраструктуры. На основе диаграммы вариантов использования (рис. 3), предлагается разработать следующий API:

- получение доступа к файлу: GET /file/<uid>;
- загрузка нового файла на сервер: POST /file/<uid>;
- запрос списка файлов по виртуальному пути: GET /list?path="";
- удаление файла(ов): DELETE /file?path="";
- запрос одноразовогоURL адреса для загрузки нового файла на сервер с указанием обратных вызовов:
  GET /request/new?success_callback=""&fail_callback="";
- запрос одноразового URL адреса для получения доступа к файлу по указанному пути: GET /request/file?path="".

Само хранение файлов будет в любом случае организовано в файловой системе. Так как файловое хранилище разрабатывается в виде микросервиса, то он будет предоставлять свои услуги по хранению файлов разным приложениям. В связи с этим, стоит организовать независимое хранение файлов для каждого потребителя услуги. То есть для каждого владельца будет использоваться своя собственная директория. Но кроме этого требуется хранить информацию о владельце файла (Web-приложении), логическом пути, используемом в приложении для идентификации файла и, возможно, некоторую другую информацию. Исходя из этого, можно создать БД, схема которой показана на рис. 4. При этом доступ стоит организовать через ORM, за

счёт чего можно отложить принятие решения о фактически используемой БД до момента развёртывания.

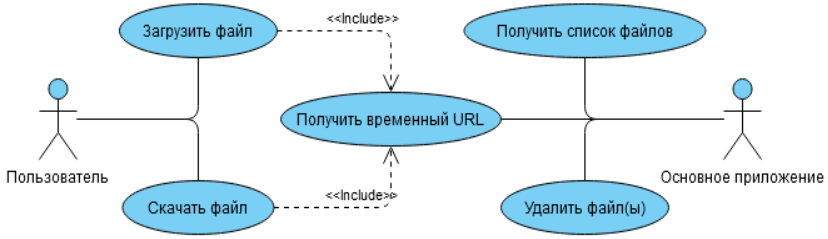


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования

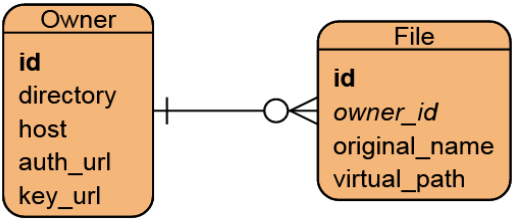


Рис. 4. ER-диаграмма БД

3. Авторизованный доступ

Проектируя рассматриваемый микросервис, требуется учесть необходимость реализации авторизованного доступа к хранимым файлам. Одним из способов реализации такого поведения является использование одноразовых уникальных ссылок. Данный механизм похож на распространённый вариант аутентификации по токену, как, например, в OAuth 2 [9]. На рис. 5 показан общий процесс получения доступа к файлу. При этом на стороне авторизующего сервера должна быть реализована обработка запросов от микросервиса файлового хранилища через API (URL-адреса запросов хранятся в БД в сущности Owner). Также на стороне микросервиса должно быть развёрнута дополнительная БД для хранения информации о временных ссылок. Для этого замечательно подойдёт резидентная БД, например, Redis [10]. Или можно воспользоваться другим подобным key-value хранилищем.

Наиболее гибким вариантом реализации доступа к хранилищу одноразовых URL является использование паттерна проектирования адаптер [11]. В этом случае можно описать необходимый программный интерфейс (рис. 6), требуемый для работы, а при фактическом развёртывании микросервиса указать желаемую реализацию. Такой

подход позволит сделать проектируемое приложение наиболее независимым от фактических реалий его использования, что соответствует концепциям SOLID [12].

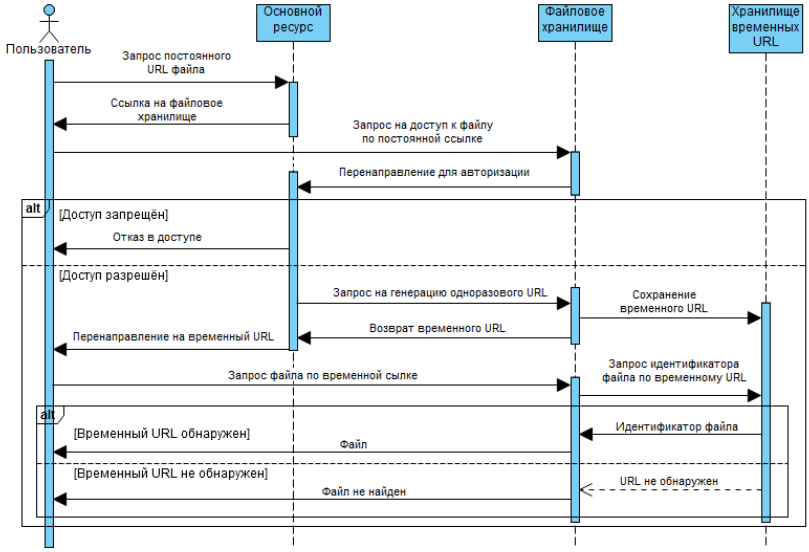


Рис. 5. Диаграмма последовательности для получения доступа к файлу

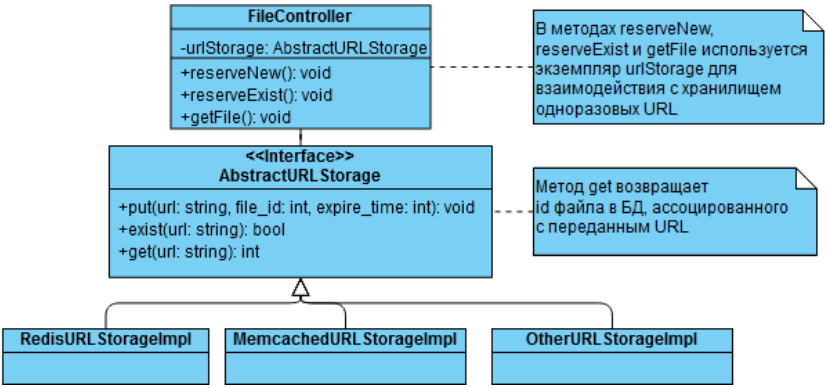


Рис. 6. Паттерн «Адаптер» для доступа к хранилищу временных одноразовых URL

Так как API микросервиса является публично доступным и в нём предусмотрены команды запроса временных ссылок, которые должны посылаться основным приложением, то микросервису необходимо уметь аутентифицировать источник запроса. С этой целью предлагается использовать инструмент цифровой подписи. Например, можно воспользоваться JWT [13]. Для этого в основном приложении необходимо реализовать возможность предоставления своего публичного ключа. Тогда микросервис, обрабатывая запроса на генерацию одноразового URL для доступа к файлу или для загрузки файла, может сделать запрос на получение актуального публичного ключа и удостовериться в легальности обрабатываемого запроса.

Заключение

Таким образом, был спроектирован достаточно удобный, гибкий и, в то же время, независимый микросервис файлового хранилища. Его можно развернуть совместно с несколькими основными приложениями. Конечно, описанное приложение можно развивать в нескольких направлениях. В частности, стоит добавить удобный пользовательский интерфейс в виде панели администратора, где можно было бы регистрировать внешние сервисы, просматривать статистику и выполнять какие-либо другие действия. Можно сделать систему меток или хэш-тегов для файлов и возложить на микросервис задачи, связанные с поиском необходимых файлов. Или можно развить его до простого внутрикорпоративного облачного хранилища.

Однако уже на данном этапе оно вполне может справиться с элементарными обязанностями, возложенными на него: хранить файлы и предоставлять к ним доступ авторизованным пользователям. При этом снижается нагрузка на основной сервер, которому не придётся обрабатывать долгие запросы по скачиванию и загрузке файлов.

Список литературы

1. Толстобров, А.П. Управление данными : учебное пособие / А.П. Толстобров. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. – 205с.

2. Фаулер, М. NoSQL: новая методология разработки нереляционных баз данных / М. Фаулер, Прамодкумар Дж. С. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 192с.

3. Фаулер, М. Шаблоны корпоративных приложений / М. Фаулер. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. – 544с.

4. Документация nginx [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.nginx.com/nginx/admin-guide/web-server/serving-static-content/

5. Wiki страница модуля Upload для nginx [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.nginx.com/resources/wiki/modules/upload/

6. Разработчики Chrome и Firefox хотят отказаться от FTP [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://3dnews.ru/978828

7. Документация облачного хранилища в Firebase [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://firebase.google.com/docs/storage

8. Федеральный закон Российской Федерации № 149-ФЗ от 27.07.2006 (ред. от 30.12.2020) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»

9. Access Tokens [Электронный ресурс] : Guide to building OAuth 2.0 Server. – Режим доступа : https://www.oauth.com/oauth2-servers/access-tokens/

10. Документация [Электронный ресурс]: Официальный сайт Redis. – Режим доступа : https://redis.io/documentation

11. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма [и др.]. – СПб.: Питер, 2015. – 368с.

12. Martin, R. C. Clean Architecture: A Craftman's Guid to Software Structure and Design / R. C. Martin. – 1st edition. – New Jersey: Prentice Hall, 2017. – 432p.

13. JSON Web Token [Электронный ресурс]: RFC7519. – Режим доступа : https://tools.ietf.org/html/rfc7519

Алгоритмы сбора и обработки данных о процессе взаимодействия с виртуальной реальностью

А. Д. Обухов, e-mail: obuhov.art@gmail.com
А. Е. Архипов, email: alexeiarh@gmail.com
А. О. Назарова, email: nazarova.al.ol.@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Рассмотрена задача сбора и обработки информации для оценки влияния виртуальной реальности на физиологическое состояние человека. Проведен анализ различных подходов к взаимодействию человека с виртуальной реальностью. Сформулированы и решены задачи по организации сбора и анализа информации о взаимодействии человека с виртуальной реальностью, разработке соответствующего программного обеспечения для адаптивных тренажерных комплексов на основе виртуальной реальности.*

Ключевые слова: *тренажерные комплексы, виртуальная реальность, сбор и обработка данных.*

Введение

Актуальным направлением исследований является определение влияния виртуальной реальности на физиологическое состояние человека. Это позволит при разработке и использовании тренажерных комплексов на основе виртуальной реальности определить сочетание технологий и компонентов, обеспечивающих наилучший пользовательский опыт и погружение в образовательный процесс.

Анализ данного влияния может проводиться путем сравнения состояния человека при взаимодействии с виртуальной реальностью различными подходами: с помощью шлема виртуальной реальности и различных контроллеров, а также на персональном компьютере (ПК) (мониторе, клавиатуре и мыши). Для достижения цели исследования на первом этапе необходимо осуществить сбор и анализ данных о процессе взаимодействия человека с виртуальной реальностью, что требует разработки соответствующих алгоритмов и программного обеспечения.

Для сбора информации о движениях пользователях можно использовать показания датчиков трекеров, входящих в состав большинства систем виртуальной реальности, таких, как HTC VIVE, Oculus, Pimax и т. д. [1].

© Обухов А. Д., Архипов А. Е., Назарова А. О., 2021

Реализация тренажерных комплексов на основе современных сред разработки (Unity, Unreal и других) позволяет фиксировать перемещения пользователя, его действия, время их выполнения и другие команды от пользователя [2].

Для качественной оценки взаимодействия с виртуальной реальностью чаще всего используются различные опросные листы [3]. Сбор данных от пользователей можно автоматизировать, если интегрировать опросные листы в тренажёрный комплекс.

Перед проведением экспериментальных исследований необходимо сформулировать алгоритмы сбора и анализа данных о процессе взаимодействия с виртуальной реальностью в процессе обучения с использованием тренажерных комплексов. В алгоритмах нужно формализовать процедуру проведения эксперимента, записи и передачи информации, сохранении ее в базу данных, обработки и последующего анализа.

1. Алгоритмы сбора и обработки данных о взаимодействии с виртуальной реальностью

Процедура сбора данных о процессе взаимодействия обучаемого с виртуальной реальностью в виде общей блок-схемы (рис. 1).

Первый этап заключается в авторизации пользователя путем регистрации или идентификации обучаемого. В первом случае данные о новом пользователе системы вносятся в систему (ФИО, возраст, пол, род деятельности), во втором случае параметры пользователя загружаются из базы данных. Таким образом, каждому пользователю соответствует уникальный идентификатор.

Далее пользователь выбирает настройки обучающего сценария – тип упражнения и метод управления (например, в шлеме виртуальной реальности с помощью контроллеров или на мониторе с использованием клавиатуры и мыши).

После завершения этапа авторизации и настройки запускаются модули, отвечающие за контроль выполнения сценария обучения и сбор всей необходимой для дальнейшей работы информации.

Обучающий сценарий представляет набор упражнений или действий, которые пользователь должен выполнить в виртуальной реальности. Примером таких действий может быть перемещение объектов, взаимодействие с ними, достижение определённой точки или иные операции с виртуальными объектами.

Каждое выполняемое упражнение фиксируется с точки зрения нескольких количественных метрик. К основным метрикам относятся точность взаимодействия, время выполнения задания, количество допущенных ошибок. Перечень метрик может быть расширен.



Рис. 1. Общая блок-схема алгоритма сбора и обработки данных

Алгоритм сбора данных работает в фоновом режиме и отслеживает параметры как обучающегося, так и окружения, с которым он взаимодействует (рис. 2). Сбор данных осуществляется по двум основным категориям, взаимосвязанных между собой [4]:

- данные о действиях;
- данные о состоянии.

Данные о действиях содержат информацию о том, с какими виртуальными объектами пытался взаимодействовать обучающийся при прохождении обучения и какие операции при этом совершал.

Данные о состоянии обучающегося содержат информацию о физическом состоянии обучающегося при выполнении упражнений: тошнота, головокружение, дезориентация.



Рис. 2. Блок-схема алгоритма сбора данных во время прохождения обучающего сценария

Виртуальная сцена тренажерного комплекса – набор виртуальных объектов, анимации, программного кода, реализующий некоторый физический процесс, явление или их совокупность. В рамках виртуальной сцены возможна реализация упражнений по взаимодействию с виртуальными объектами, имитирующих выполнение действий в реальной жизни.

Пользователь выполняет каждый отдельный тренажер в виртуальной реальности и на ПК заданное количество раз. Все метрики, снятые в процессе выполнения, записываются в таблицу базы данных, соответствующую данному пользователю.

Далее осуществляется анализ и обработка данных о состоянии человека (рис. 3). Данный алгоритм включает анализ динамики изменения состояния испытуемого на протяжении как всего процесса выполнения тренажерного комплекса, так и каждого тренажера в отдельности. Также оценивается динамика изменения субъективных показателей, полученных из опросного листа после выполнения упражнений.

Сбор данных проводится с целью выявить закономерности влияния виртуальной реальности на физическое состояние человека определенного пола, возраста и пользовательских компетенций, а также сравнения различных способов взаимодействия с объектами и выявления наиболее предпочтительного.

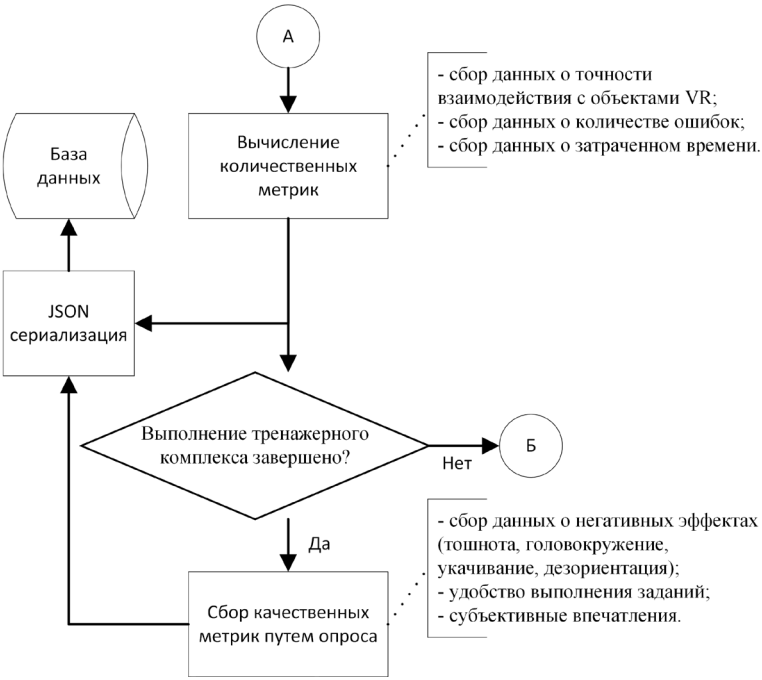


Рис. 3. Блок-схема алгоритма обработки данных

Далее пользователь взаимодействует с формой опросного листа, где заполняет значения качественных метрик обучающего сценария, фиксируя субъективные впечатления от взаимодействия с виртуальной реальностью.

Собранные данные объединяются в единый информационный объект, используя строковые типы данных и формат JSON, после чего сохраняются в базу данных.

После завершения этапа сбора и первоначальной обработки данных необходимо осуществить анализ и обработку общего массива информация с целью выявления закономерностей влияния различных компонентов тренажерных комплексов и методов управления на эффективность обучения.

Для решения этой задачи возможно применение статистического анализа собранных данных для поиска закономерностей между начальными показателями пользователей, используемыми компонентами тренажерных комплексов и итоговыми показателями качества обучения.

2. Программная реализация алгоритмов сбора и обработки данных

Представленное алгоритмическое обеспечение реализовано и апробировано в ходе реализации программного обеспечения модулей сбора и анализа данных процесса обучения на тренажерных комплексах. При разработке модулей использовались:

- для реализации тестовых тренажерных комплексов: среда разработки Unity, Microsoft Visual Studio и язык программирования C#, а также набор библиотек Newtonsoft.Json и UniRx.

- для реализации модуля хранения и сбора информации: IDE PyCharm, база данных Sqlite, язык программирования Python, фреймворк Flask, библиотеки matplotlib, pandas, json.

Таким образом, получена следующая архитектура программного обеспечения (рис. 4).

Структура программного обеспечения состоит из двух частей – клиента и сервера.

Клиент получает доступ к соответствующему пользователю чрез форму авторизации – меню авторизации. Далее следует прохождение тренажерного комплекса и сбор количественных метрик. По окончании последнего испытания пользователь отвечает на вопросы в форме опроса для сбора качественных метрик на основе субъективных ощущений от взаимодействия с виртуальной реальностью.

Все собранные данные сериализуются в формат JSON и отправляются в Flask-микросервис, который используется в качестве основы серверной части. Он реализует функциональность по приему данных от клиентов, их передачи в базу данных, извлечения данных из базы данных, выполнения обработки данных и ее представления администраторам системы.



Рис. 4. Структура программного обеспечения модулей сбора и анализа информации

Полученная структура программного обеспечения позволяет интегрироваться в тренажерные комплексы, реализованные на различных программных платформах.

Заключение

В работе рассмотрена проблема анализа влияния виртуальной реальности на человека для выбора оптимальных технологий и компонентов тренажерных комплексов. Поэтому актуальной задачей с научной точки зрения является проведение исследований по сравнению различных подходов к взаимодействию с виртуальным пространством

(клавиатура или контроллеры, монитор или шлем VR) для выбора оптимальной конфигурации.

Для ее решения разработаны алгоритмы сбора и обработки данных о процессе взаимодействия пользователя с виртуальной реальностью, позволяющие организовать сбор количественных и качественных метрик. На основе представленных алгоритмов реализовано соответствующее программное обеспечение.

Дальнейшие исследования связаны с применением разработанного программного обеспечения для сбора данных и исследованием влияния виртуальной реальности на человека.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 19-013-00567.

Список литературы

1. Славин, О. А. Обзор технологий виртуальной и дополненной реальности / О. А. Славин, Е. С. Гринь // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2019. – Т. 69. – №. 3. – С. 42-54.

2. Подход к моделированию нештатных ситуаций с использованием виртуального тренажера для обучения персонала / Мишенков Е. А. [и др.] // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2019. – №. 4 (16). – С. 99-110.

3. Strojny, P. Kwestionariusz immersji–polska adaptacja i empiryczna weryfikacja narzędzia / P. Strojny, A. Strojny // Homo Ludens. – 2014. – Vol. 1. – №. 6. – P. 171-186.

4. Obukhov, A. Algorithm for Data Collection and Processing about Learning Process on Training Complexes / A. Obukhov, A. Sidorchuk, A. Arkhipov // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – IEEE, 2019. – P. 1-5.

Разработка архитектуры адаптивных web-приложений с применением нейронных сетей

А.Д. Обухов, e-mail: obuhov.art@gmail.com
Д.В. Теселкин, e-mail: dteselk@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Актуальной проблемой является персонализация интерфейсов Web-приложений в зависимости от предпочтений пользователя и особенностей его оборудования, что может повысить удобство и востребованность web-ресурса для потенциальной аудитории. Существующие математические методы и алгоритмы не всегда обеспечивают достаточной точности ввиду большой сложности данной задачи. Предлагается архитектура Web-приложений, основанная на сборе, анализе и обработке информации о пользователе и его оборудовании, а также применении нейронных сетей для выбора оптимальных параметров интерфейса. Рассмотрена практическая реализация архитектуры на Python в виде web-приложения интернет-магазина.*

Ключевые слова: *web-приложения, персонализация интерфейса, автоматизация анализа данных, нейронные сети.*

Введение

Важными задачами при разработки программных модулей информационных систем являются обеспечение качества и эффективности их работы, однако, все большую востребованность находят такие функции, как оптимизация системы под конкретное устройство пользователя и адаптация интерфейса под его индивидуальные предпочтения для повышения комфорта использования. В предметной области web-разработки это также является актуальным вопросом [1].

Проблема разработки удобных и адаптивных интерфейсов заключается в невозможности разработчиков охватить, учесть и реализовать все субъективные пожелания каждого отдельного пользователя в частности. Из всех путей решения проблемы адаптации интерфейса под специфические характеристики и запросы пользователя самым перспективным направлением можно отметить использование методов машинного обучения [2].

© Обухов А. Д., Теселкин Д. В., 2021

Целью работы является разработка архитектуры web-приложений, позволяющей упростить решение задачи адаптации интерфейса. Для этого необходимо сформировать структуру системы, осуществить выбор необходимых инструментов и библиотек для интеграции нейронных сетей.

1. Выбор архитектуры адаптивного web-приложения

Для решения поставленной задачи предложена следующая архитектура web-приложения (рис. 1). Рассмотрим основные инструменты и технологии, используемые для ее реализации.

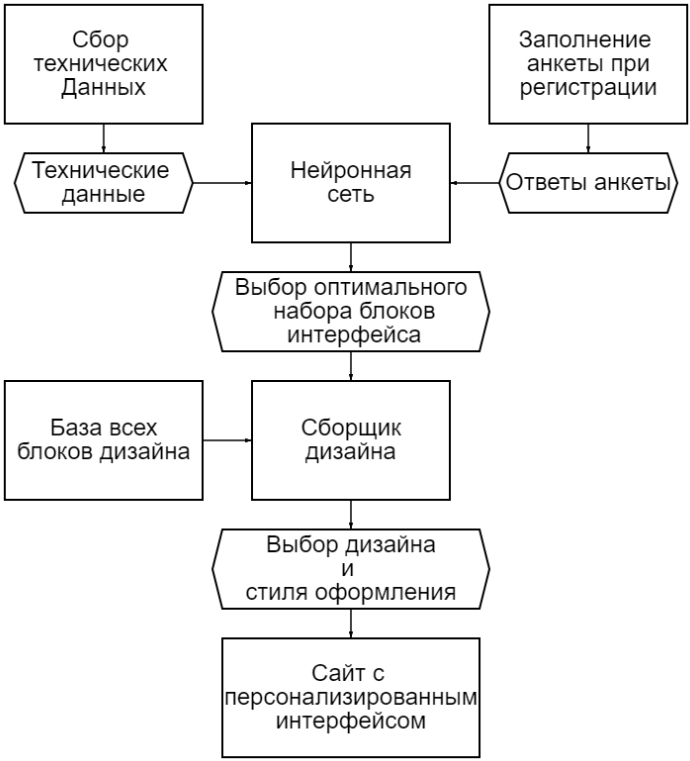


Рис. 1. Архитектура адаптивного web-приложения

При выборе языка программирования для реализации web-приложения учитывалось, что большинство современных решений прикладных задач в области машинного обучения осуществляется на

базе языка Python и таких библиотек как Keras, PyTorch и Tensorflow. В качестве основы для проведения экспериментов будем использовать Keras – библиотеку машинного обучения, главными достоинствами которой являются высокая скорость прототипирования для быстрого проведения многочисленных тестов и широкая реализация модулей для построения нейронных сетей.

Для реализации web-приложений и упрощения интеграции нейронных сетей в них возможно использование фреймворков Django и Flask. Использование их вместе с HTML и шаблонами CSS из набора инструментов Bootstrap позволит создавать адаптивные web-приложения.

Рассмотрим алгоритм реализации архитектуры адаптивного web-приложения [3]:

1. Анализируется конкретная информационная система и на основе полученных данных выбираются параметры интерфейса, которые нужно персонализировать в данной предметной области.

2. На основе полученных данных происходит выборка подходящих ключевых характеристик пользователя для данной информационной системы. Определяется степень их значимости.

3. Формируются обучающиеся данные для нейронной сети. В наборе данных X будет содержаться нормированный вектор выявленных ключевых характеристик. В свою очередь в наборе данных Y будут находиться данные о изменяемых параметрах интерфейса.

4. Формируется архитектура нейронной сети. Из-за большой вариативности и сложности данного этапа подходящая композиция слоев может быть выбрана не с первого раза. В таком случае структуру нейронной сети нужно корректировать с учетом полученных данных до тех пор, пока она не станет решать задачу с достаточной точностью.

5. Обучение нейронной сети. Полученная модель сохраняется для последующего использования и дообучения.

6. Подготовка прикладных программных интерфейсов (API) для последующей интеграции в информационную систему. Система будет обращаться к API, отправляя набор данных о пользователе, а API в свою очередь будут выдавать системе нужные параметры интерфейса.

7. Внедрение API в web-приложение. Обеспечение их взаимодействия – передачи данных о пользователе в API и применение ответных параметров для адаптации интерфейса.

8. Работа адаптации интерфейса. При первом заходе на сайт система собирает данные о пользовательском устройстве и выдает ему нейтральный интерфейс, эффективно работающий при полученных характеристиках устройства пользователя. При регистрации

пользователь вносит личные данные, они передаются в API, которые выдают на их основе настройки интерфейса, оптимальные для пользователей с данным набором признаков. Параметры сохраняются в базе данных и выставляются по умолчанию для данного пользователя.

9. Если пользователь захочет изменить интерфейс, он заходит в настройки и изменяет необходимые ему параметры. Это информация сохраняется в базе данных для последующего дообучения нейронной сети при накоплении значимого объема данных для увеличении ее точности и поддержки актуальности.

Представленная архитектура адаптивных web-приложений и алгоритм ее реализации будет апробирован на примере тестового интернет-магазина.

2. Реализация адаптивного web-приложения для предметной области Интернет-торговли

На первом этапе реализации необходимо осуществить обучение нейронной сети на основе анализа предметной области и информации о входных и выходных параметрах.

Рассмотрим модель нейронной сети для подбора оптимальных параметров интерфейса под конкретного пользователя (рис. 2). На вход поступает нормализованный вектор данных о пользователе из 30 значений. Он проходит через плотный слой из 256 нейронов. Применяется слой прореживания для снижения эффекта переобучения. После чего используется еще 3 плотных слоя по 512, 256 и 9 нейронов. Последний слой является выходным, соответствующим 9 выходным параметрам интерфейса.

Обученная модель показала точность в размере 79%, для обучения использовалось около 2000 записей, полученных в ходе опроса сотрудников и студентов университета, а также путем размещения опросного листа в web-форме.

Далее осуществлено сравнение полученного решения, основанного на применении нейронных сетей, с алгоритмическим решением, основанном на статистическом анализе собранных данных.

Нейронные сети за счет анализа пользовательских данных и предпочтений показывает немного большую точность, которая в дальнейшем с ростом количества обрабатываемых данных может быть улучшена. В текущем эксперименте нейронная сеть показывает на 5-10% лучшую точность на контрольных замерах. С ростом объема исходных данных точность может быть повышена.

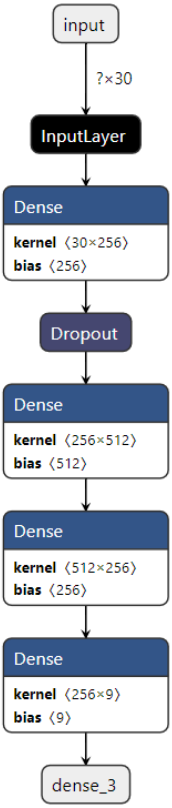


Рис. 2. Модель нейронной сети

Применение нейронных сетей позволило значительно снизить сложность программного кода (по метрике Холстеда) на 20%. Большой эффект оказывает тот факт, что разработчику не требуется анализировать и выявлять закономерности в исходных данных, так как эту работу принимает на себя нейронная сеть.

Сложность по метрике Джилба за счет значительного сокращения ветвлений и циклов сократилась в 1.5 раза.

Сокращение сложности реализации привело к тому, что при оценке реализации тестового проекта методом COCOMO II трудоемкость и время стоимость реализации значительно сокращается: на 11% и 36% соответственно.

Рассмотрим процесс функционирования тестового web-приложения.

Пользователь входит на сайт. Посредствам библиотек JavaScript собираются данные о его устройстве. Данные передаются в API адаптации на сервере, который нормализует их в бинарный вектор и передает в обученную нейронную сеть.

Полученные данные о необходимых параметрах интерфейса устанавливаются, как подходящие для временного пользователя.

При регистрации пользователя он заполняет анкету с данными о себе. Данные также передаются в API адаптации на сервере для обработки в нейронной сети.

Полученные данные о нужных параметрах интерфейса сохраняются в базе данных и устанавливаются, как подходящие для конкретного пользователя. При повторном заходе этого же пользователя в систему параметры интерфейса загружаются из базы данных.

Пример работы тестового web-приложения представлен на рис. 3 и рис. 4 для двух различных типов пользователей.

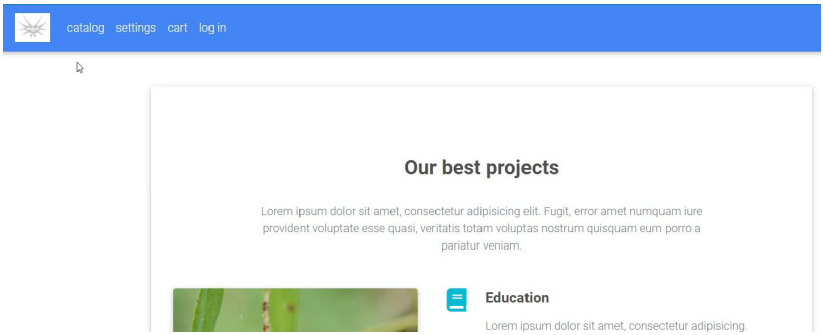


Рис. 3. Пример адаптивного web-приложения для Интернет-торговли для первого пользователя

Первый тип представлен студентом, при анкетировании отметившим, что предпочитает получать доступ к максимуму информации, а анализ его оборудования показал, что он входит на сайт с ноутбука с небольшой диагональю. Это привело к выбору такой схемы интерфейса, при которой отображается полное меню и весь контент, но сам дизайн не перегружен лишними блоками, чтобы обеспечить оптимальную нагрузку на оборудование пользователя.

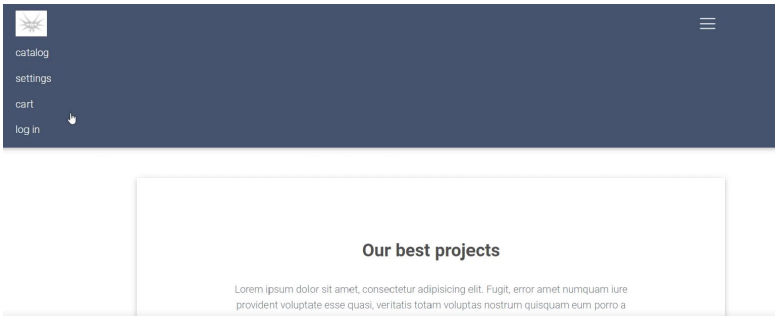


Рис. 4. Пример адаптивного web-приложения для Интернет-торговли для второго пользователя

Второй тип пользователя относится к старшей возрастной группе, а оценка уровня производительности его оборудования показала, что он заходит на сайт с маломощного стационарного компьютера. Для удобства пользователя выбран минималистичный дизайн с минимумом графических элементов, меню может скрываться, чтобы сконцентрировать внимание на главной странице с основными разделами.

Таким образом, получено решение задачи адаптации интерфейса web-приложения под индивидуальные особенности пользователя и характеристики его устройства.

Дальнейшие исследования будут связаны с реализацией возможности адаптации компоновки блоков разметки web-страницы для большей вариативности интерфейса.

Заключение

Сформулирован подход к выбору и реализации архитектуры web-приложения, направленный на интеграцию информационной системы с нейронными сетями для автоматизации подбора персональных настроек интерфейса. Это позволит автоматизировать процесс адаптации системы под предпочтения пользователя и особенности его устройства (тип, мощность, размеры экрана и так далее). Использование нейронных сетей по сравнению с модулями, основанными на статистическом анализе, может обеспечить большую точность.

Полученные результаты могут использоваться при реализации адаптивных web-приложений в различных предметных областях и сферах деятельности.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, грант Президента РФ МК-74.2020.9

Список литературы

1. Ерхов, Р. В. Методы разработки и архитектура современных веб-приложений / Р. В. Ерхов // Новые информационные технологии в научных исследованиях. – 2016. – С. 129-130.

2. Зосимов, В. В. Программные решения для динамического изменения пользовательского интерфейса на основе автоматически собранной информации о пользователе / В. В. Зосимов, А. В. Христодоров, А. С. Булгакова // Труды Института системного программирования РАН. – 2018. – Т. 30. – № 3. – С. 207-220.

3. Обухов, А.Д. Нейросетевой метод адаптации параметров интерфейса информационных систем / А. Д. Обухов, М. Н. Краснянский, М. С. Николюкин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2020. – Т. 16. – № 5. – С. 26-31

Методы создания специализированных языковых и процедурных инструментов для оптимальной реализации алгоритмов для прикладных предметных областей

А. А. Рубан, email: andreygrigorev0@gmail.com
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
М. В. Зеленова, email: businkakatilas@mail.ru
М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru
В. С. Родионов, email: tuukvadim@live.com

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе представлены методы создания специализированных языковых и процедурных инструментов для оптимальной реализации алгоритмов прежде всего для прикладной области исследования анализа и синтеза информационного содержания волн, что не исключает возможность использования и в других предметных областях. При этом акцент был сделан на документированность программного продукта, так как наличие комментариев слабо отражает сущность разработанных программ, и на удобство и доступность к сущности содержания операторов при использовании предлагаемых решений в процессе конкретного написания алгоритмов. Использование макроязыка и предлагаемых методов приближают содержание текста программы к понятиям и алгоритмам той предметной области, для которой реализуется программа. Испытав на практике преимущество предлагаемых методов предлагается использовать их в других сферах создания программного продукта.*

Ключевые слова: *макроязык, оператор, алгоритмическая синонимия, самодокументирование.*

Введение

При создании современных как технических, так программных продуктов невозможно обойтись без инструментов и технологий их создания. Идея вырывается за пределы обыденности и открывает новые возможности, а инструмент ускоряет процесс материализации возникшей идеи. В технической сфере инструментарий подразделяется на исследовательско-экспериментальный и технологическо-производственный. В программной отрасли такое подразделение

© Рубан А. А., Балакирев Н. Е., Зеленова М. В., Фадеев М. М., Родионов В. С, 2021

сливается воедино, но это не умоляет важности самого инструментария. Правда главной особенностью программной отрасли является тенденция постепенной унификации применяемых средств, особенно если говорить о языках программирования. Но практика создания продуктов такова, что она постоянно подталкивается реальной действительностью к необходимости модификации и даже пересмотра технологий создания программных продуктов. Переход к исследованию информационного содержания волн в силу потребности получения максимальной производительности (скорости) создаваемых алгоритмов в условиях обработки большого набора данных (big data) с необходимостью привел к использованию не только общепринятых языков, но языка низкого уровня (ассемблера). Для сглаживания разности в эффективности программирования по отношению к языкам высокого уровня стал применяться МАКРОязык. Но постепенное расширение набора макроопределений привело к пониманию возможности создания инструментария в виде отдельного языка операторов. Указанный множество операторов, как набор, позволяет легко собирать алгоритм и в то же время в какой-то степени описывать на содержательном уровне «смысл» алгоритма. Использование такого инструмента для написания критичных по времени исполнения алгоритмов и оформление их в виде DLL библиотек позволило использовать эти алгоритмы для языков высокого уровня, что обеспечило комплексность подхода.

На пути обеспечения оптимальности реализации и близости к естественно-языковому описанию алгоритмов в терминах предметной области, стоит:

– отсутствие гибкости формальных языков – они строго формализованы;

– именование объектов прикладной области ведется в терминах, навязываемых языком программирования и удобных программисту, но не в терминах применительно к прикладной области;

– отсутствие возможности обеспечить локальную оптимизацию, за исключением использования неудобных вставок на языке ассемблера;

– отсутствие широких возможностей обеспечить представление в структурной форме.

Для подобного рода приложений для прикладных систем определенную гибкость предоставляет макроязык, через который можно описывать действия в виде макроинструкций или в дальнейшем мы будем их называть термином «оператор». Этот термин употребляется для отличия его от термина «команда» для Ассемблера (процессора) или от термина «инструкция». Используя средства языка FASM, имеется

возможность создать практически любой набор именованных операторов, в том числе и на русском языке. Применение шаблонов и символа продолжения строки «/» дает потенциальную возможность структурировать текст, выстраивая описание алгоритма в виде блоков. Помимо этого, простой способ переименования операторов дает возможность в этом же имени указать цель использования оператора. Таким образом, алгоритмически подобные блоки, но используемые для разных целей, могут иметь разные имена, но одинаковую сущность, такое соответствие мы обозначим понятием алгоритмическая синонимия. Это позволяет, имея по сущности один алгоритм применить его с учетом терминологии различных предметных областей.

1. Анализ языка структурных операторов

Название языка происходит от слова «Структура», но наследованное не из понятия структурного программирования, а из желания построить и одновременно документировать на уровне смысла и терминов предметной области с помощью структурных операторов, и структур данных. Внесение элементов самодокументирования как при реализации алгоритма, так и при описании данных является, пожалуй, самой главной целью построения такого языка. Данный язык широко используется для создания программных модулей в рамках исследования распознавания речи на основе логика – лингвистического подхода [1]

Побудительным мотивом явилось то, что практически все языки программирования имеют единый стандартный набор операторов, который не позволяет при прочтении алгоритмов понять суть предметной области и содержание самого алгоритма относительно этой предметной области. Разбирая содержание алгоритма, в широком смысле этого слова, мы должны знать все операторы и нюансы, связанные с их использованием, а с другой стороны, пытаться соотнести их с предметной областью. Следует сказать, что имеется немного примеров реализаций языков, которые позволяют формализовать представление программы именно в рамках той предметной области, где мы используем этот алгоритм. К числу таких языков можно отнести язык для системы 1С, который имел целью написания алгоритмов в сфере бухгалтерских расчетов.

Таким образом, делается попытка решить вышеперечисленные проблемы через использование некого неформального языка представления алгоритмов. Внесение элементов самодокументирования, как при реализации алгоритма, так и при описании данных является, пожалуй, самой главной целью построения такого языка.

Основой для реализации этого является наличие макроязыка для языка Ассемблера и соответствующих языковых средств, которые позволяют вводить любые наименования операторов и структур данных, практически, в любой форме. При создании такого языка придерживались следующих требований:

– Читаемость (наглядность) структуры всего алгоритма через иерархическое, наглядное, структурное представление.

– Ориентированность на предметную область. Возможность называть операторы, выполняющие одни и те же действия, но под разными именами. Операторы отражают суть предметной области.

– Широкая документированность за счет возможности вставления комментариев прямо внутри оператора. Например, комментарии, касающиеся предметной области или способа реализации данного участка алгоритма.

– Унифицированность средств реализации и приспосабливаемость под предметную область. То есть базовым является одно и то же имя оператора и его внутренний алгоритм, но этот оператор может иметь синоним близкий к предметной области и удобный интерфейс обращения.

– Уникальность представления при согласовании с предметной областью за счет возможности заводить такие синонимы. С точки зрения языка имеется единая унифицированная основа (например, оператор), а для обеспечения уникальности для конкретной предметной области привносится уникальное для неё имя, связанное с этой областью.

– Переносимость алгоритмов на нижнем уровне реализации на другие архитектурные платформы. Для каждой платформы оператор, который фактически пишется на языке системы команд компьютера, может быть реализован через новую последовательность команд. То есть мы, не меняя содержания алгоритма на языке, в рамках которого используется некоторое подмножество из набора операторов, можем пошагово перейти на новую архитектуру за счет переписывания содержимого операторов и структур, входящих в программу.

– Открытость сущности содержания реализованного алгоритма и закрытость получаемого кода, предоставленного и описанного в терминах операторов предметной области.

– Перестраиваемость структуры программы и восстанавливаемость по структуре программного продукта при наличии библиотеки описаний макроопределений, что дает возможность создания индивидуального экземпляра программы для отдельного индивидуума (индивидуализация продукта).

– Рекурсивная оптимизация реализованных алгоритмов за счет возможности переписывания предлагаемых операторов на языке низкого уровня так и на предлагаемом языке.

Это достигается через попытку систематизировать и обобщить процедуры работы с данными, акцентировать внимание на предметности через обобщенность алгоритмов обработки. Процедуры и стандартные программы, имеющие доступное структурное описание, с поддержкой информационно справочной системы дополняют и расширяют основу языка.

1. Включение таких возможностей не исключают некоторых недостатков и издержек:
2. Требуется новая технология создания программ освоение новой парадигмы.
3. Отказ от использования формальных привычных языков высокого уровня и переход на не формальные конструктивные элементы.
4. Акцентирование внимания на предметной области и самодокументировании реализуемого алгоритма.
5. Увеличение количества наименований данных и операторов
6. Незначительное увеличение объема программного продукта по отношению к написанию напрямую через использование Ассемблера.

2. Причины и мотивы акцентирования внимания на структурах

Реализуя алгоритмы из какой–либо конкретной области, приходится оперировать с собственными характерными структурами и строить подсистемы, работающие на основе некоторых базовых алгоритмов, которые и ориентированы на эти структуры. Но, с другой стороны, имеется множество необходимых языковых конструкций и структур, не имеющих отношения к создаваемой программе, но необходимых для обеспечения интерфейса с другими системами, включая ОС (среда исполнения). Безусловно, содержательно необходимо сделать акцент на самом алгоритме, а среду обеспечения «экранировать» при реализации алгоритма.

Структуризация инструментария может основываться как на создании библиотеки алгоритмов, так и макроинструментарии, преимуществом которого может стать наглядность, близкая к естественному языку и языку математики. Именно на макроконструкции делается упор в данном языке. Фактически, языковый набор средств выступает основой, как для сборки алгоритмов, так и для их описания.

В рамках свободы выбора имен операторов и идентификаторов при их большом разнообразии должна выстраиваться как модульная схема сборки, так и определенные соглашения именования объектов, которые

устанавливаются пользователями языка. При использовании языка в конструировании блоков анализа и синтеза речи был апробирован определенный порядок конструирования идентификаторов (меток), которые по возможности учитывает особенности обработки информации на уровне аппаратуры, языка транслятора, но, в первую очередь, сущность и предназначение реализуемого алгоритма.

Что касается «экранирования» среды исполнения при реализации алгоритмов, то для их программирования имеются шаблоны конструкций (программная платформа), которые учитывают необходимые «стандартные» соглашения при обращении к ОС или оформлении в виде определенного ресурса [2-**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Внося лишь некоторый минимальный набор параметров в такой шаблон (например, указание точки входа в программу), на его основе из большого набора операторов собирается программа, реализующая алгоритм. При этом множество системных объявлений и включений экранировано одним оператором, который текстуально минимизирует объем текста и является по факту именем некоторого шаблона с параметрами. Объем информации, необходимый программе при использовании системных ресурсов и отражаемый в шаблоне, может быть оптимизирован с учетом востребованности. Если ресурс требуется в программе, то путем указания одного символа «+» в шаблоне, данный ресурс подгружается, в противном случае ставится или стоит символ «-». При этом в экранируемом оператором шаблоне перечислены все возможные и доступные ресурсы, со ссылкой на их описание и назначение. По такой же схеме подключается набор операторов языка, который необходим в программе. Такая схема экранирования при возможности обращения к «первоисточнику» позволяет не захламлять программу не нужными «деталями» и экономить объем памяти при работе транслятора.

3. Некоторые фрагменты возможностей языка

И так целевой вектор предложений был направлен на приближение описания программы к более «человечному» пониманию, то есть приближение к первому этапу разработки (касающегося идеи, модели и алгоритма) и возможности выразить интерпретацию алгоритма программистом человеческим языком. Использование языка FASM, показавшего свои несомненные преимущества перед другими подобными языками низкого уровня, позволило реализовать выше сказанное как в английской, так и в русской нотации. Любой параметр в обращении к шаблону системных вызовов и соглашений сопровождается ключевым словом, которому присваивается конкретное значение из множества вариантов, смотри рис.1.

```
include 'C:\FASM\MZERO.inc'
НАЧАЛО_ПРОГРАММЫ Форма=PE,Вывод=Console,Вход=start
СЕКЦИЯ_ДАННЫХ Имя=data Статус_чтения=+ Статус_записи=-
```

Рис. 1. Пример начала программы

Для обеспечения обозримости и наглядности были реализованы операторы, которые имеют (условно) многоуровневую нотацию с использованием знака «\». Первым идет имя оператора, являющегося ключом к макроопределению и отражающего смысл и назначение. Второй строкой указываются переменные, относительно которых устанавливаются отношения, а в третей строке указаны метки перехода с учетом этих отношений.

Заключение

В приводимом материале затронут лишь небольшой фрагмент конкретных возможностей в развивающемся языке СТРУКТОП. Но как пример практичности и удобства языка следует отметить опыт использования для реализации алгоритмов по извлечению информационного содержания языка. При реализации одного из алгоритмов, фрагмент показан на рис. 2, потребовалось использовать несколько десятков операторов «СучетомОтношений!Перейти», которые определяли структуру участка волны по древовидной схеме, и заполняли объявленную структуру по мере продвижения по ветвям дерева. При наличии таких и подобных операторов потребовалось менее недели на написание и отладку, при этом вначале было отлажена программа по управлению (правильный обход дерева с учетом входных данных), а затем были добавлены операторы заполнения введенной структуры хранения. При этом, используя оператор «Записали», который позволяет описать «одновременное» присвоение значений для структуры, состоящей из 8 байт, удалось проследить весь путь изменений в соответствующих полях записываемой информации. Обозримость текста алгоритма позволяла быстро находить ошибки и недочеты. Авторы надеются, что подобные методы будут применимы и для других предметных областей с возможным пополнением необходимых операторов с учетом специфики обработки информации в данной области.

```
СучетомОтношений!Перейти
                A ? B ? C \
      =>P1 =>P2 =>P3  =>P4 =>P5=>P6=>P7 =>P9 =>P10 =>P11  =>P_12  =>P_13 =>P_14
;*********************************************************************

;*********************************************** БЫЛО  для P1 P2 P3
;   ([RSa_b]=al)        ([RotA_B]=1)      ([RSb]=bl)      ([RotB_C]=1)      ([RSc]=cl)      ([RPr]=0)
([RP7]$nycmo)   ([RP8]$nycmo)
;        1              2          3          4                5         6          7
8
;******СТАЛО|*****************************************************
P1:                                        ;Фиксировать  первоначальный  тип  структуры
только  \
            Записали\
      ([RSa]$Тож)      ([RotA_B]:+1)   ([RSb]=cl)     ([RotB_C]=0)      ([RSc]=0)       ([RPr]=1)
([RP7]$nycmo)   ([RP8]$nycmo)
;Стало1          2          3          4                5          6          7
8
      ПерейтиВ      INCMN                ;jmp    INCMN
;*********************************************************************
P2:                                        ;Фиксировать  первоначальный  тип  структуры
только  /
            Записали\
    ([RSa]$Тож)      ([RotA_B]:+1)   ([RSb]=cl)     ([RotB_C]=0)      ([RSc]=0)       ([RPr]=2)
([RP7]$nycmo)   ([RP8]$nycmo)      ;Стало1       2          3          4               5
6          7          8
      ПерейтиВ      INCMN                ;jmp    INCMN
;*********************************************************************
```

Рис. 2. Пример операторов языка СтрукТоп

Список литературы

1. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход по распознаванию содержания физических волн / Н.Е. Балакирев // Материалы XV Международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». (Воронеж, 12-13 февраля 2015 г.). – Воронеж, 2019. – Т. 1. – С. 31-36.
2. Competent object model [Электронный ресурс] : информационная статья. – Режим доступа: http://techn.sstu.ru/kafedri/%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F/1/MetMat/murashev/com/lec/cl01.htm
3. Технологии программирования [Электронный ресурс] : информационная статья. – Режим доступа : http://bourabai.ru/alg/com/gl09.htm

Унифицированный программный интерфейс для численной оптимизации на C++

А. Ю. Савинков, email: savinkov_a_yu@sc.vsu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Аннотация. *В данной работе предложена реализация абстрактного унифицированного интерфейса для объекта численной оптимизации на основе класса C++. Иинтерфейс совместим практически с любым алгоритмом численной оптимизации, позволяет скрыть детали реализации алгоритма оптимизации и предоставить интерфейс к нему в стиле функции или объекта-функции.*

Ключевые слова: *язык программирования C++, объектно-ориентированное программирование, численная оптимизация.*

Введение

Оптимизационные задачи достаточно часто возникают в практике цифровой обработки сигналов и при проектировании телекоммуникационных систем. Эти задачи как правило требуют достаточно больших объемов вычислений и их реализацию целесообразно было бы выполнять на языке C++.

Процедуры численной оптимизации требуют определения множества сопутствующих параметров, от размерности задачи и ограничения на число итераций до определения функции стоимости в виде некоторой вычислительной процедуры. В результате создается специализированный программный код, ориентированный на решение одной частой задачи, в котором реализация алгоритма оптимизации смешивается с реализацией алгоритмов прикладной задачи. Повторное использование такого кода в новых проектах затруднено, так как требует глубокой переработки реализации.

В докладе предлагается реализация на языке C++ обобщенного абстрактного программного интерфейса для произвольной процедуры оптимизации, позволяющая обеспечить переносимость и удобство использования процедур численной оптимизации в широком классе оптимизационных задач.

© Савинков А. Ю., 2021

1. Требования к интерфейсу процедуры численной оптимизации

При решении оптимизационных задач в области цифровой обработки сигнала (ЦОС) или проектирования телекоммуникационных систем чаще всего возникает два сценария применения численной оптимизации:

1. непрерывная оптимизация – регулярное выполнение одного или нескольких шагов численной оптимизационной процедуры на протяжении всего времени работы системы ЦОС для постоянной подстройки параметров под изменение внешних условий (например, подстройка эквалайзера);
2. однократная оптимизация – выполнение полной оптимизационной процедуры для получения оценки параметров сигнала (например, оценка направления прихода сигнала) или оптимизации телекоммуникационной системы на этапе проектирования (например, оптимизация разрядности представления данных).

Обобщенный интерфейс должен быть одинаково удобен для применения в обоих сценариях. При решении реальных задач в рассматриваемой предметной области чаще находят применение методы прямой численной оптимизации (методы поиска), так как явная запись функции стоимости в аналитической форме обычно неизвестна. Поэтому будем строить интерфейс применительно к прямым методам оптимизации. Сформулируем требования к обобщенному интерфейсу процедуры численной оптимизации:

– интерфейс должен устанавливать общие параметры оптимизационной задачи – размерность, шаг оптимизации, требуемая точность, ограничение на число итераций, координаты начальной точки в пространстве оптимизации;

– должны быть предусмотрены различные варианты установки начальной точки, от простого перечисления координат до использования произвольных контейнеров, включая списки и массивы;

– интерфейс должен предусматривать разные варианты задания функции стоимости: указатель на функцию, объект-функция или λ-выражение;

– для поддержки режима непрерывной оптимизации удобно реализовать объект (класс), реализующий процедуру численной оптимизации, чтобы один раз установить параметры, включая функцию стоимости, и сохранять результаты предыдущего шага оптимизации для использования их в качестве начальных условий на следующем шаге;

– для поддержки режима однократной оптимизации более удобен процедурный интерфейс (просто вызов функции без каких-либо

дополнительных действий по созданию и конфигурированию экземпляра класса).

2. Реализация абстрактного интерфейса для произвольной процедуры численной оптимизации

Предлагаемая реализация интерфейса, удовлетворяющая предъявленным требованиям, приведена в листинге 1.

Листинг 1

```
template <typename unit_t>
class optimizer_interface
{
protected:

  optimizer_interface():
  m_dimension(0),
  m_initial_step(std::numeric_limits<double>::quiet_NaN()),
  m_target_accuracy(std::numeric_limits<double>::
    quiet_NaN()),
  m_iteration_limit(0),
  m_continuous_optimization(false),
  m_optimum_cost(std::numeric_limits<double>::quiet_NaN())
  {}

public:

  /*
  установка параметров оптимизации
  */

  // установка параметров с возможностью установки
  // координат начальной точки через список инициализации
  void setup(
    size_t dimension,
    double initial_step,
    double target_accuracy,
    size_t iteration_limit,
    std::initializer_list<unit_t> starting_point =
       std::initializer_list<unit_t>());

  // установка параметров с установкой координат
  // начальной точки из массива (по указателю)
  void setup(
    size_t dimension,
    double initial_step,
    double target_accuracy,
    size_t iteration_limit,
    const unit_t* starting_point);

  // установка параметров оптимизации с установкой
  // координат начальной точки из произвольного контейнера
```

```
template <typename starting_point_t,
typename = std::enable_if_t<
  !std::is_pointer<starting_point_t>::value,
  starting_point_t>>
void setup(
  size_t dimension,
  double initial_step,
  double target_accuracy,
  size_t iteration_limit,
  const starting_point_t& starting_point);

// начальная точка через список инициализации
void set_starting_point(
  std::initializer_list<unit_t> starting_point);

// установка координат начальной точки из массива,
// заданного указателем на первый элемент
void set_starting_point(const unit_t* starting_point);

// установка начальной точки из произвольного контейнера
template <typename starting_point_t,
typename = std::enable_if_t<
  !std::is_pointer<starting_point_t>::value,
  starting_point_t>>
void set_starting_point(
  const starting_point_t& starting_point);

// установка функции стоимости
template <typename proc_t>
void set_proc(proc_t proc);

// результат оптимизации в качестве новой начальной точки
void move_starting_point_to_end_point();

// режим автоматической установки результата оптимизации
// в качестве новой начальной точки
void set_continuous_optimization(bool mode);

/*
запуск оптимизации
*/
// выполняет процедуру оптимизации для предварительно
// установленных начальной точки и функции стоимости
const std::vector<unit_t>& operator()();

// выполняет оптимизацию с указанной функцией стоимости
// для предварительно установленной начальной точки
template <typename proc_t>
const std::vector<unit_t>& operator()(proc_t proc);
// выполняет оптимизацию с указанной функцией стоимости
// и координатами начальной точки из списка инициализации
```

```
  template <typename proc_t>
  const std::vector<unit_t>& operator()(proc_t proc,
    std::initializer_list<unit_t> starting_point);

  // выполняет оптимизацию с указанной функцией стоимости и
  // начальной точкой из массива
  template <typename proc_t>
  const std::vector<unit_t>& operator()(proc_t proc,
     const unit_t* starting_point);

  // выполняет оптимизацию с указанной функцией стоимости
  // и начальной точкой из произвольного контейнера
  template <typename proc_t, typename starting_point_t,
  typename = std::enable_if_t<
    !std::is_pointer<starting_point_t>::value,
    starting_point_t>>
  const std::vector<unit_t>& operator()(proc_t proc,
    const starting_point_t& starting_point);

  /*
  результаты оптимизации
  */
  // возвращает координаты точки – результата оптимизации
  const std::vector<unit_t>& get_point();

  // возвращает результирующее значение функции стоимости
  double get_cost();

  // возвращает результат оптимизации через преобразование
  // типа для поддержки вызовов в стиле функции
  operator const std::vector<unit_t> ();

  // преобразование типа для одномерной задачи
  operator const unit_t ();

  // возвращает результаты оптимизации и значение
   // функции стоимости вызовов в стиле функции
  operator const std::pair<std::vector<unit_t>, double> ();

protected:
  // предварительно установленная функция стоимости
  std::function<double(const std::vector<unit_t>&)>
    m_proc_wrapper;

  // паремтры оптимизации
  size_t m_dimension;
  double m_initial_step;
  double m_target_accuracy;
  size_t m_iteration_limit;
  std::vector<unit_t> m_starting_point;
  bool m_continuous_optimization;
```

Окончание листинга 1

```
  // результаты оптимизации
  std::vector<unit_t> m_optimum_point;
  double m_optimum_cost;
  /*
  реализация процедуры оптимизации
  */
  virtual void optimize(
    std::function<double(const std::vector<unit_t>&)>
      proc,
    const std::vector<unit_t>& starting_point) = NULL;
};
```

Некоторые пояснения к реализации интерфейса.

Класс optimizer_interface является абстрактным классом [1], у него нет public-конструктора и отсутствует реализация виртуальной функции optimize. Для реализации класса-оптимизатора необходимо использовать наследование. В дочернем классе необходимо определить реализацию виртуальной функции optimize в соответствии с выбранным алгоритмом оптимизации. Параметры оптимизационной задачи и координаты начальной точки реализация функции optimize должна брать из protected-параметров класса optimizer_interface. Другим обязательным требованием к реализации функции optimize является установка значений m_optimum_point и m_optimum_cost в соответствии с результатом оптимизации.

Чтобы координаты начальной точки можно было установить как через массив, заданный указателем на первый элемент, так и через стандартный контейнер STL [2], например, vector или list, в интерфейсе определены две функции (листинг 2):

Листинг 2

```
void set_starting_point(const unit_t* starting_point);

template <typename starting_point_t>
void set_starting_point(
  const starting_point_t& starting_point);
```

Но при генерации кода из шаблона, если в качестве аргумента функции использовать указатель, шаблон второй функции также подходит, что приводит к неверному выбору и ошибке при компиляции. Чтобы запретить компилятору выбирать вторую функцию для указателей, используется шаблон enable_if, появившийся впервые в C++11 и использующий механизм SFINAE (Substitution Failure Is Not An Error) [3] для подавления генерации шаблонной функции при выполнении определенных условий, в нашем случае, если тип starting_point_t является указателем (см. листинг 3):

Листинг 3

```
template <typename starting_point_t
typename = std::enable_if_t<
  !std::is_pointer<starting_point_t>::value,
  starting_point_t>>
void set_starting_point(
  const starting_point_t& starting_point);
```

Этот же подход используется при определении функций setup и операторов круглая скобка. Таким образом реализуется требование к интерфейсу о множестве вариантов установки координат начальной точки в пространстве оптимизации.

Другим требованием к интерфейсу было обеспечить различны варианты задания функции стоимости. Для реализации этого требования используется стандартная обертка функции из STL (листинг 4)

Листинг 4

```
std::function<double(
  const std::vector<unit_t>&)> m_proc_wrapper;
```

При этом требования к функции стоимости ограничиваются возвращаемый тип double и наличием единственный входного аргумента типа const std::vector<unit_t>& с координатами точки, для которой нужно вычислить функцию стоимости. В качестве функции стоимости может использоваться указатель на функцию, объект-функция или λ-выражение.

Для использования экземпляра класса оптимизатора в стиле функции необходимо, во-первых, реализовать оператор преобразования типа, чтобы можно было использовать экземпляр класса оптимизатора в правой части оператора присваивания. В нашем случае реализован оператор приведения типа optimizer_interface к типу vector и при попытке присваивания экземпляра класса оптимизатора вектору в векторе будут автоматически сохранены координаты найденной оптимальной точки.

В предлагаемой реализации предусмотрено еще два оператора приведения типа (листинг 5):

Листинг 5

```
operator const unit_t ();
operator const std::pair<std::vector<unit_t>, double> ();
```

Первый оператор приведения типа возвращает первый элемент вектора координат оптимальной точки (результата оптимизации), что может быть полезно для одномерных задач, чтобы избежать

использование вектора из одного элемента для представления результата оптимизации. Достаточно использовать числовой тип, например, double.

Второй оператор приведения типа возвращает пару: координаты оптимальной точки как вектор и значение функции стоимости в оптимальной точке, что может быть полезно в задачах ЦОС.

Во-вторых, для использования экземпляра класса оптимизатора в стиле функции необходимо предусмотреть конструктор, который задаст все необходимые параметры, включая функцию стоимости, и запустит процедуру оптимизации. Поскольку класс optimizer_interface является абстрактным, конструкторы должны определяться в производных классах. Для упрощения этой задачи определен макрос __prepare_optimizer_interface_constructors, показанный в листинге 6:

Листинг 6

```
#define __prepare_optimizer_interface_constructors(name, type) \
name##(): \
	optimizer_interface<##type##>() \
{} \
template <class proc_t> \
name##(proc_t proc, size_t dimension, double initial_step, \
	double target_accuracy, size_t iteration_limit, \
	std::initializer_list<##type##> starting_point = \
		std::initializer_list<##type##>(), \
	bool run_optimization = true): \
	optimizer_interface<##type##>() \
{ \
	setup(dimension, initial_step, target_accuracy, \
		iteration_limit, starting_point); \
	set_proc(proc); \
	if (run_optimization) { \
		optimize(m_proc_wrapper, m_starting_point); } \
} \
template <class proc_t, class starting_point_t> \
name##(proc_t proc, size_t dimension, double initial_step, \
	double target_accuracy, size_t iteration_limit, \
	const starting_point_t& starting_point, \
	bool run_optimization = true): \
	optimizer_interface<##type##>() \
{ \
	setup(dimension, initial_step, target_accuracy, \
		iteration_limit, starting_point); \
	set_proc(proc); \
	if (run_optimization) { \
		optimize(m_proc_wrapper, m_starting_point); } \
}
```

Макрос получает два параметра: имя производного класса и тип шаблона класса optimizer_interface. Макрос генерирует конструктор по

умолчанию, конструктор с возможностью указания координат начальной точки через список инициализации и конструктор с инициализацией координат начальной точки через массив, заданный указателем на первый элемент, или через любой стандартный контейнер STL. Последний параметр конструктора, run_optimization, имеет значение по умолчанию true, и если этот параметр при вызове конструктора не указывать, то процедура оптимизации будет запущена автоматически, что и требуется для использования объекта оптимизатора в стиле функции.

Заметим также, что предлагаемый базовый интерфейс предназначен для поддержки безусловной оптимизации, ограничения для условной оптимизации или дополнительные параметры должны определяться в произвольном классе.

Для использования предложенного интерфейса требуется версия компилятора с поддержкой не ниже C++14.

Заключение

Описанный программный интерфейс для численной оптимизации реализован в среде Visual Studio 2019 и хорошо показал себя при моделировании различных систем цифровой обработки сигнала.

В качестве примера использования интерфейса рассмотрим поиск минимума функции Розенброка [4] с использованием алгоритма численной оптимизации Нелдера-Мида [5]. Будем использовать интерфейс в стиле вызова функции. Функция стоимости определена через λ-выражение, размерность задачи 2, начальный шаг оптимизации 0.1, требуемая точность 1e-6, предельное число итераций 1000, начальная точка (-1, -1), см. листинг 7.

Листинг 7

```
class nelder_mead_optimizer:
  public optimizer_interface<double>
{
public:
  __prepare_optimizer_interface_constructors
  (nelder_mead_optimizer, double)

protected:
  virtual void optimize(
    std::function<double(const std::vector<double>&)>
      proc,
    const std::vector<double>& starting_point)
  {
    // реализация алгоритма Нелдера-Мида [4]
  }
};
```

Окончание листинга 7

```
int main()
{
  try
  {
    auto rozenbrok_func =
      [](const std::vector<double>& x)
    {
      return 100.0 * pow(x[1] - x[0] * x[0], 2.0)
        + pow(1 - x[0], 2.0);
    };

    std::vector<double>
      opt = nelder_mead_optimizer(rozenbrok_func,
        2, 0.1, 1e-6, 1000, { -1, -1 });
  }
  catch (std::exception& e)
  {
    puts(e.what());
  }

  return 0;
}
```

Список литературы

1. Страуструп, Б. Программирование: принципы и практика с использованием C++ / Б. Страуструп. – 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2016. – 1328 с.
2. Джосьютис, Н. C++. Стандартная библиотека / Н. Джосьютис. – Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2004. – 730 с.
3. Вандевурд, Д. Шаблоны C++. Справочник разработчика / Д. Вандевурд, Н. М. Джосаттис. – Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2016. – 544 с.
4. Rosenbrock, H.H. An Automatic Method for Finding the Greatest or Least Value of a Function / H.H. Rosenbrock // The Computer Journal. – 1960. – Vol #3. – Iss. 3. – P. 175–184.
5. Nelder, J.A. A Simplex Method for Function Minimization / J.A. Nelder, R. Mead // The Computer Journal. – 1965. – Vol #7. – Iss. 4. – P. 308-313.

Перспективы внедрения в инфраструктуру российских организаций рабочих станций на базе процессоров серии Эльбрус под управлением операционной системы Astra Linux Special Edition

В. Н. Титаренко, email: Peresl77@mail.ru [1]
Н. С. Губорев, email: nail1761@gmail.com [2]
И. В. Кузнецов, email: iljakuzne@rambler.ru [2]
В. С. Пылин, email: pylin.vs@gmail.com [2]

[1] НИО НИЦ КВВУ им. генерала армии С.М, Штеменко, г. Краснодар
[2] ФГАУ «ВИТ «ЭРА», г.Анапа

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы и преимущества использования отечественной программно-аппаратной платформы, состоящей из микропроцессора Эльбрус-8С и ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград».*

Ключевые слова: *linux, Astra, Эльбрус, импортозамещение.*

Введение

В целях защиты внутреннего рынка Российской Федерации, развития национальной экономики, поддержки российских организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере информационных технологий, 20 ноября 2015 года на сайте Правительства Российской Федерации опубликовано Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2015 года № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» с 1 января 2016 года, согласно которому заказчик, закупающий программное обеспечение для государственных и муниципальных служб, имеет право приобрести за некоторым исключением только те программные средства, которые включены в реестр российского программного обеспечения [1]. Данное постановление простимулировало отечественных производителей программного обеспечения и электроники и создало более благоприятные условия для распространения и продвижения своей продукции внутри страны. Относительно широкое применение в сфере программного обеспечения приобрела операционная система (далее ОС) специального назначения Astra Linux, а в сфере микроэлектроники – семейство микропроцессоров «Эльбрус», разрабатываемых российской

© Титаренко В.Н., Губорев Н.С., Кузнецов И.В., Пылин В.С., 2021

компанией МЦСТ при участии ИНЭУМ. В данной статье будут более подробно рассмотрены преимущества сочетания продуктов данных серий, в частности работы персональных компьютеров на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград».

1. Область применения отечественной программно-аппаратной платформы

В соответствии с ранее названным Постановлением об ограничении госзакупок иностранного программного обеспечения логично предположить, что прежде всего рабочие станции, работающие на базе серии процессоров «Эльбрус» под управлением ОС Astra Linux Special Edition, заинтересуют государственные органы. Важным моментом также является наличие у ОС Astra Linux Special Edition сертификатов ФСТЭК, ФСБ и Министерства обороны РФ, из чего следует, что эта система защищена от несанкционированного доступа к внутренней информации с помощью эксплуатации недекларированных возможностей и будет востребована в организациях, работающих с информацией, относящейся к государственной тайне. Однако, рынок потенциальных клиентов, которые могут быть заинтересованы во внедрении в свою инфраструктуру российских разработок, не ограничивается лишь описанными ранее организациями. 20 февраля 2020 был утверждён Приказ ФСТЭК № 35 «О внесении изменений в Требования по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, утверждённые приказом Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 25 декабря 2017 г. № 239» [2]. Данный указ направлен на использование на объектах КИИ РФ преимущественно отечественного программного обеспечения и оборудования.

Таким образом в применении отечественных разработок будут нуждаться компании, работающие в стратегически важных для государства областях: здравоохранении, науке, транспорте, связи, банковской сфере, топливно-энергетическом комплексе, оборонной, ракетно-космической, горнодобывающей, металлургической и химической промышленности. Можно сделать вывод, что комбинация таких российских продуктов, как рабочая станция на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград», может заинтересовать многие российские организации. Но этот интерес может быть вызван и рядом преимуществ данных продуктов, которые следует рассмотреть более подробно.

2. Характеристики и особенности процессора «Эльбрус-8С»

Микропроцессор Эльбрус-8С является процессором общего назначения, работающим на архитектуре VLIW. Особенностью данной архитектуры является поддержка сверхдлинного командного слова – инструкция процессора, которая может содержать несколько операций выполняющихся параллельно. Архитектура VLIW значительно упрощает аппаратную структуру процессора и позволяет выполнять несколько машинных команд за один такт. Однако за счёт упрощения архитектуры усложняется процесс компиляции. Из-за этого проектирование компиляторов на данную архитектуру заметно сложнее по сравнению с другими архитектурами. Программировать под данную архитектуру также достаточно сложно из-за того, что для достижения максимальной производительности процессора «Эльбрус» требуется заполнять каждое машинное слово максимальным количеством команд, что для некоторого класса задач может быть проблемой.

В данный момент актуальным процессором архитектуры «Эльбрус» является процессор 8С. Данный процессор является 4 поколением процессоров «Эльбрус» и имеет 8 ядер с тактовой частотой 1300 мегагерц, 16 мегабайт кэша 3 уровня и способен работать с 4 каналами оперативной памяти. Данный процессор изготовлен по технологическому процессу 28 нанометров и поддерживает работу в многопроцессорных системах, в количестве до четырёх вычислительных модулей. Сравнение данного процессора с аналогами представлен в таблице.

Таблица

Сравнительные характеристики процессоров МЦСТ и Intel

Процессор / **Характеристики**	**Эльбрус 4С**	**Эльбрус-8С**	**Intel Core i3-3110M**	**Intel Xeon E5-2609 v3**
Микроархитектура	Эльбрус поколение 3	Эльбрус поколение 4	Ivy Bridge	Haswell
Тактовая частота, Мгц	800	1300	2400	1900
Пиковая производительность (ГФлопс)	25	125	38,4	182,4
Число ядер	4	8	2	6
Кэш-память L3 (Мб)	8	16	3,5	15

Окончание таблицы

Процессор / Характеристики	Эльбрус 4С	Эльбрус-8С	Intel Core i3-3110M	Intel Xeon E5-2609 v3
Количество каналов памяти	3	4	2	4
Пропускная способность каналов памяти (ГБ/сек)	38,4	51,2	25,6	51,2
Многопроцессорность	До 4	До 4	Нет	До 2
Технологический процесс (нм)	65	28	22	22
Тепловыделение (Вт)	45	70	35	85

При рассмотрении данной таблицы можно заметить, что технологическое отставание отечественных процессоров уже сейчас кажется не совсем большим. Тактовая частота процессора Эльбрус-8С ниже, чем у приведённых процессоров Intel, но за счёт организации параллелизма и хорошей оптимизации программного кода под данный процессор, этот недостаток может быть невелирован. По пиковой производительности отечественный процессор уже сейчас обгоняет серверный процессор Xeon E5-2609, а по количеству выполняемых команд за один такт превосходит любого конкурента.

Рассмотрим основные преимущества архитектуры процессора Эльбрус-8С по сравнению с аналогами.

В процессор Эльбрус-8С, встроена аппаратная поддержка защищенных вычислений, что гарантирует защиту от ряда угроз нарушения нормального функционирования пользовательских и системных программ. Архитектура Эльбруса предполагает реализацию обращений к памяти через дескрипторы, которые защищены от изменения и формирования нового дескриптора из частей других дескрипторов. При обращении в память арифметико-логического устройства процессора проверяются внешние теги дескриптора. При несоответствии прав доступа к массиву или несоответствия индекса адресуемого элемента с размером массива генерируется исключение и происходит завершение процесса. Данная технология позволяет защититься от угроз, использующих ошибку переполнения буфера и выхода за границы массива. Более подробное описание данного механизма защиты выходит за рамки темы статьи и рассмотрено в статье «Безопасная среда исполнения критических приложений во

встраиваемых системах на базе вычислительных средств семейства «Эльбрус» [3]. Использование незащищённого режима процессора «Эльбрус» также имеет свои особенности, которые повышают надежность системы. Стек связующей информации (цепочка адресов возврата функций) отделён от стека пользовательских данных и недоступен для вирусных атак, работающих по принципу подмены адреса возврата.

Данные разработки, повышающие безопасность использования ПЭВМ на архитектуре «Эльбрус» позволяют догнать и превзойти в плане производительности и масштабируемости конкурирующие суперскалярные x86_64 процессоры Intel и AMD. Немаловажную роль в этом играет то, что процессоры «Эльбрус» не подвержены атакам, направленным на использование ошибок спекулятивного вычисления, найденным в процессорах архитектуры x86_64 и ARM. Аппаратные уязвимости процессоров архитектур x86_64 такие как Meltdown (CVE-2017-5754), Spectre (CVE-2017-5753, CVE-2017-5715), RIDL (CVE-2018-12126, CVE-2018-12130), Fallout (CVE-2018-12127), ZombieLoad (CVE-2019-11091) и им подобные были устранены на уровне операционных систем, однако эти меры снижают производительность на данном аппаратном и программном обеспечении на 30-80%. У процессоров «Эльбрус» данная проблема была решена изначально, на уровне планирования архитектуры. Это позволяет утверждать, что разработка программных продуктов под данную архитектуру позволяет избегать создания исправлений безопасности, снижающих производительность.

Одной из слабых сторон применение ПЭВМ на архитектуре «Эльбрус» является относительно малое количество созданного программного обеспечения, оптимизированного для работы с этой платформой, однако, для решения этой проблемы была предусмотрена возможность исполнения двоичных кодов в системе команда x86-64 с помощью динамической трансляции, которая не требует перекомпиляции программы. Данная технология включает в себя два основных компонента: транслятор уровня системы и транслятор уровня приложений. Первый позволяет запускать операционные системы, Windows и GNU/Linux, на рабочих станциях с процессорами серии Эльбрус. Второй позволяет запускать прикладное программное обеспечение, распространяемое для архитектуры x86 для ОС семейства GNU/Linux.

3. Особенности дистрибутива Astra Linux Special Edition «Ленинград»

Подробно рассмотрим преимущества ОС Astra Linux Special Edition «Ленинград», разработанной для вычислительных комплексов с процессорной архитектурой «Эльбрус» в 2018 году. Данная операционная система относится к системам семейства GNU/Linux. Однако в неё встроены дополнительные модули, повышающие стабильность и надёжность работы.

Одна из основных отличительных черт данной системы – реализация мандатной модели доступа. Данная модель подразумевает назначение объектам меток конфиденциальности, а для субъекта – уровней доступа. Для проверки доступа субъекта к объекту происходит сравнение меток конфиденциальности субъекта и объекта и на основе этих меток принимается решение о возможности или невозможности предоставить субъекту доступ до запрашиваемых ресурсов. Кроме того, использование данной модели гарантирует, что при создании новых субъектов и объектов не требуется дополнительного редактирования прав уже созданных субъектов и объектов. Также в Astra Linux «Ленинград» реализована дискреционная модель доступа к объектам, которая присутствует во всех дистрибутивах семейства GNU/Linux. Дискреционная модель подразумевает систему, в которой каждый объект имеет своего владельца – субъекта, который настраивает права доступа к этому объекту. В Astra Linux «Ленинград» описываемые модели доступа работают параллельно, т.е. не влияют на принятие друг другом решений о доступе к объектам. Данное сочетание моделей разграничения прав доступа позволяет гибко настраивать систему доступа к информации и объектам в ОС и предотвращает утечку прав, которая бывает присуща обычным дистрибутивам Linux.

Важной особенностью Astra Linux Special Edition «Ленинград» является механизм контроля целостности, который защищает информацию, хранящуюся на компьютере, от несанкционированной модификации. Например, это может защитить информацию в случаи, если злоумышленник получил физический доступ к компьютеру и подменил исполнимые файлы оригинальной программы на зараженные или попытался модифицировать информационные или конфигурационные файлы. В других операционных системах семейства GNU/Linux и в системах семейства Windows для получения данного функционала необходима установка специальных средств защиты информации. Однако в них данный функционал будет работать не на уровне ядра системы, что скажется на производительности и возможностях обхода функциональности данных средств защиты.

Ещё одним преимуществом операционной системы Astra Linux «Ленинград» является механизм очистки оперативной памяти после исполнения программы, что исключает возможность получить какие-либо результаты работы этой программы через API операционной системы или с помощью специальных средств. Также в данной операционной системе реализовано физическое стирание данных на машинных носителях информации с применением специальной маскирующей последовательности, которая исключает возможность восстановления удалённых файлов и возможность анализа поверхности жёстких дисков для восстановления каких-либо данных. Данная возможность Astra Linux «Ленинград» является ключевым элементом обеспечения информационной безопасности для систем, в которых производится обработка государственной тайны. Для достижения подобных результатов в других операционных системах семейства GNU/Linux или семейства Windows требуется использовать дополнительные средства защиты информации.

Astra Linux «Ленинград» на уровне ядра ОС поддерживает режим «киоск», который не позволяет пользователям запускать системные программы. Данная возможность необходима организациям, которые хотят создать из рабочей станции, к примеру, узкоспециализированное рабочее место, платежный терминал или демонстрационную мультимедийную систему для презентаций. Также данная возможность может использоваться при использовании распределённой системы с использованием пользовательских терминалов.

4. Преимущества использования ПЭВМ «Эльбрус» и операционной системы Astra Linux Special Edition «Ленинград»

Использование операционной системы Astra Linux Special Edition «Ленинград» и ПЭВМ «Эльбрус» предоставляет следующие преимущества:

– отсутствие недекларированных возможностей как в аппаратной, так и в программной составляющей, что обуславливает отсутствие закладок в низкоуровневой части системы;

– наличие средств защиты информации на уровне операционной системы и на уровне аппаратной составляющей, гарантирующих обеспечение безопасности обработки информации;

– сочетание преимуществ аппаратной архитектуры VLIW и портированной под эту архитектуру операционной системы позволяют выдавать достаточную производительность как для работы серверного ПО, так и для обработки повседневных задач;

– аппаратная и программная платформа имеет все необходимые сертификаты ФСТЭК и ФСБ, что позволяет использовать данный комплекс в любых системах обработки информации.

Сочетание операционной системы Astra Linux Special Edition «Ленинград» и ПЭВМ «Эльбрус» является более предпочтительным вариантов, чем сочетание Astra Linux Special Edition «Смоленск» и ПЭВМ на процессоре Intel из-за того, что данное сочетание исключает применение известных атак на программно-аппаратные платформы с помощью существующих средств и методов. Релизы Astra Linux «Смоленск» и «Ленинград» обладают необходимыми программными средствами защиты информации, но при использовании аппаратной платформы Intel могут быть использованы известные уязвимости аппаратного обеспечения, что снижает возможности использования данных систем. Кроме того, процессоры Intel могут иметь возможности, которые отсутствуют в стандартных спецификациях продукции, что также снижает возможность применения данных систем в средствах обработки конфиденциальной информации. У ПЭВМ «Эльбрус» данные ограничения отсутствуют. Данная платформа является полностью отечественной разработкой и не имеет аппаратных закладок. В сочетании с защищённой операционной системой Astra Linux Special Edition «Ленинград» она обеспечивает достаточный уровень производительности и безопасности для использования в любых системах обработки информации.

Заключение

Анализируя всё вышесказанное у рабочих станций на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux SE «Ленинград» можно выделить ряд преимуществ: аппаратная поддержка защищенных вычислений; возможность исполнения двоичных кодов в системе команд архитектуры x86; поддержки мандатной модели разграничения доступа; механизм контроля целостности; механизм очистки оперативной и внешней памяти и гарантийное удаление файлов; поддержка режима «киоск». Всё это позволяет сделать вывод, что на основе описываемых средств можно создать надёжную, гибкую и защищённую инфраструктуру на основе оборудования и программного обеспечения российского производства.

К недостаткам сочетания ПЭВМ Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux SE «Ленинград» относятся: малое количество созданного программного обеспечения и сложности с переносом существующих программ, созданных на других платформах, малая производительность процессора на одно ядро, что обуславливает медленную работу однопоточных программ и программ, созданных для других платформ и

адаптированных для платформы «Эльбрус» путём перекомпиляции. Также проблемой является несовместимость существующей инфраструктуры, построенной на базе процессоров Intel и операционных системах семейства Windows с отечественной программно-аппаратной платформой. Это сильно ограничивает применение отечественных рабочих станций, а возможность исполнения команд архитектуры x86 позволяет устранить этот недостаток лишь частично

Рабочие станции на базе процессора Эльбрус-8С под управлением ОС Astra Linux SE «Ленинград» имеют большой потенциал широкого применения в российских государственных и коммерческих организациях. Их производители продолжают активную работу над своими продуктами и по настоящее время в части увеличения скорости работы и наращивания дополнительного функционала, что может дополнительно стимулировать российские организации к внедрению описываемых в данной статье отечественных разработок в свою инфраструктуру.

Список литературы

1. Постановление П. Р. Ф. от 16.11. 2015 N 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» //Собрание законодательства РФ. – 2015. – № 47. – С. 5-18.

2. ФСТЭК подписал указ об использовании отечественного ПО на объектах критической информационной инфраструктуры: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.securitylab.ru/news/512136.php.

3. Мустафин, Т. Р. Безопасная среда исполнения критических приложений во встраиваемых системах на базе вычислительных средств семейства «Эльбрус»/ Т. Р. Мустафин //Радиопромышленность. – 2019. – Т. 29. – №. 1. – С. 16-22.

Обеспечение качества высоконагруженного Spring-Boot приложения

И. В. Чумачёва, email: chumacheva@cs.vsu.ru
Н. К. Самойлов, nk.samoylov@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены основы обеспечения качества, контроля качества и тестирования программного обеспечения, особенности устройства и тестирования высоконагруженного приложения, проведен анализ полученных результатов и сделаны выводы.*

Ключевые слова: *Высоконагруженное приложение, Spring-Boot, обеспечение качества, контроль качества, тестирование*

Введение

Одна из важнейших задач при разработке программного обеспечения – это обеспечение качества программного обеспечения. Качество программного обеспечения – способность программного продукта при заданных условиях удовлетворять установленным или предполагаемым потребностям [1] или степень, в которой система, компонент или процесс удовлетворяют потребностям или ожиданиям заказчика или пользователя. В данной работе решается задача выявить основные подходы по обеспечению качества высоконагруженного Spring-Boot приложения, выявить проблемы, возникающие при обеспечении качества и разработать рекомендации по обеспечению качества для подобных приложений на основе полученного опыта.

1. Теоретические аспекты обеспечение качества программного обеспечения

Обеспечение качества (Quality Assurance – QA) (рис. 1) – это совокупность мероприятий, охватывающих все технологические этапы разработки, выпуска и эксплуатации программного обеспечения (ПО) информационных систем, предпринимаемых на разных стадиях жизненного цикла ПО для обеспечения качества выпускаемого продукта [2].

© Чумачёва И. В., Самойлов Н. К., 2021



Рис. 1. Взаимосвязь обеспечения качества, контроля качества и тестирования

Контроль качества (Quality Control – QC) (рис. 2) – это совокупность действий, проводимых над объектом тестирования в процессе разработки для получения информации об актуальном состоянии объекта тестирования в разрезах: «готовность Продукта к выпуску», «Соответствие зафиксированным требованиям», «Соответствие заявленному уровню качества продукта» [2].



Рис. 2. Качество программного обеспечения

Тестирование программного обеспечения (Software Testing) – это одна из техник контроля качества, включающая в себя следующие активности [2]:

- планирование работ (Test management);
- наблюдение и контроль (Test monitoring and control);
- написание автотестов и подготовка тест даты (Test implementation);
- проектирование тестов (Test design);
- выполнение тестирования (Test Execution);
- анализ результатов (Test Analysis);

– завершение тестирования (Test completion).

Существует множество разных видов, типов и уровней тестирования программного обеспечения, фактически любой тип тестирования программного обеспечения может быть выполнен как вручную, так и с использованием средства автоматизации. Выделяют следующие уровни тестирования: модульное (компонентное) тестирование, интеграционное тестирование, системное тестирование, приемочное тестирование [2]. Также существуют различные виды тестирования, которые выделяют в зависимости от преследуемых целей, например: функциональное, нефункциональное (нагрузочное, производительности, надежности, безопасности, конфигурации), связанное с изменениями (регрессионное и проверка после исправлений).

Если рассматривать обеспечение качества нагруженных приложений, то необходимо применять данные виды тестирования в следующем порядке: юнит-тестирование (покрытие кода юнит тестами), тестирование интеграций, функциональное тестирование и тестирование производительности.

Контроль качества программного обеспечения основывается на выбранной модели, анализе критериев, заданных технической документацией, и анализе результатов в виде метрик кода и метрик тестирования. При анализе метрик кода было выявлено, что несмотря на богатый выбор существующих видов метрик, подавляющее большинство компаний на практике практически их не используют для оценки качества. Большой популярностью обладают метрики тестирования, такие как Pass Rate (количество успешно пройденных тест-кейсов/тест-сьютов к общему количеству тест-кейсов/тест-сьютов), Execution Rate (количество выполненных тест-кейсов/тест-сьютов к общему количеству тест-кейсов/тест-сьютов), коэффициент ошибок пропущенных в релиз (отношение количества ошибок обнаруженных после выпуска релиза к общему количеству ошибок обнаруженных до и после релиза)[3].

2. Обеспечение качества для высоконагруженного приложения

Высоконаруженные сервисы – это системы, которые могут принимать, обрабатывать и генерировать большие объемы данных разной природы и из разных источников с течением времени, организованные с помощью различных технологий и с целью извлечения ценности из данных для различных типов предприятий [4].

Основная цель приложения, выбранного для исследования – сбор данных с мобильных клиентов по использованию того или иного

мобильного приложения для последующего анализа данных (как единичного использования, так и BigData).

Первая версия приложения (рис.3) состояла из клиента, который отправлял собранные данные в Data Reader, в свою очередь Data Reader отправлял данные в БД (MySQL). Пользователь (аналитик) через веб-интерфейс заходил в систему и мог получить доступ к истории одного просмотра или послать запрос с помощью выбора фильтров на агрегацию данных и получить результат исходя из поставленных задач. Архитектура состояла из нижеперечисленных сервисов.

– Data Reader – Spring-Boot микросервис, который принимает данные от клиентов по REST протоколу и выдает ответ клиенту;

– БД – реляционная база данных;

– Data Processor – Spring-Boot микросервис, который осуществляет постобработку данных и формирует ответы на запросы пользователей-аналитиков;

– Client API – Spring-Boot микросервис, который предоставляет REST API для web client приложения;

– Web Client – реализация на Native JavaScript и jQuery.

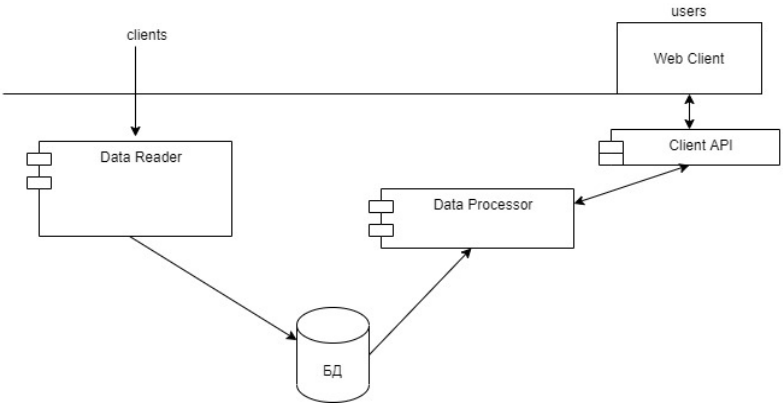


Рис. 3. Первая версия приложения

Были выполнены следующие виды тестирования:

– покрытие отделом разработчиков кода Unit тестами;

– тестирование интеграций: в том числе анализ джейсона полученных данных;

– функциональное тестирование;

– тестирование производительности.

По результатам проведенного тестирования были найдены следующие проблемы, приведенные ниже.

– Потеря данных: если передача данных была прервана нестабильной связью или проблемами у провайдера, данные не хранились у клиента и были потеряны.

– Проблема поврежденных данных: данные могли передаваться не полностью и были сохранены в БД также не полностью, соответственно большая часть полученных данных была “грязными” данными и не пригодными для сбора аналитики.

– Медленная обработка запросов базой данных, которая не удовлетворяла технические требования: обработка агрегирующего запроса должна выполняться не больше минуты, а загрузка истории одной сессии – не более 5 секунд.

– Система не прошла тестирование производительности.

Для устранения подобных проблем необходимо:

– хранить данные о сессиях у клиента в течение суток, чтобы при проблемах со связью, они не потерялись;

– изменить маршруты передачи параметров, любая передача содержала в себе переменную “sessionID”, чтобы устранить потери при порционной пересылке данных, возникающих при проблемах связи или провайдера, и идентифицировать и объединить данные об одной сессии;

– изменить архитектуру микросервисов, улучшить показатели “железа” – оперативную память в том числе;

– добавить еще одну базу данных и перепрофилировать назначение баз данных: чтобы одна отвечала за сбор данных, а другая за их агрегацию.

Помимо вышеуказанных проблем были найдены функциональные дефекты, которые тоже были устранены к выходу второго релиза. Мы повторили цикл тестирования и обнаружили проблемы с производительностью иного характера. Например, DataReader не справился с нагрузкой и в нем переполнялась очередь. Поэтому было принято решение сделать некоторые сервисы масштабируемыми. Также было обнаружено, что для безопасности данных необходимо иметь копии баз данных, а для обработки запросов необходимо добавить очередь. После второй итерации изменений архитектура приложения изменилась в соответствии с рис. 4.

В третьей версии приложения была реализована следующая структура:

– Load Balancer – Netflix Ribbon балансировщик нагрузки;

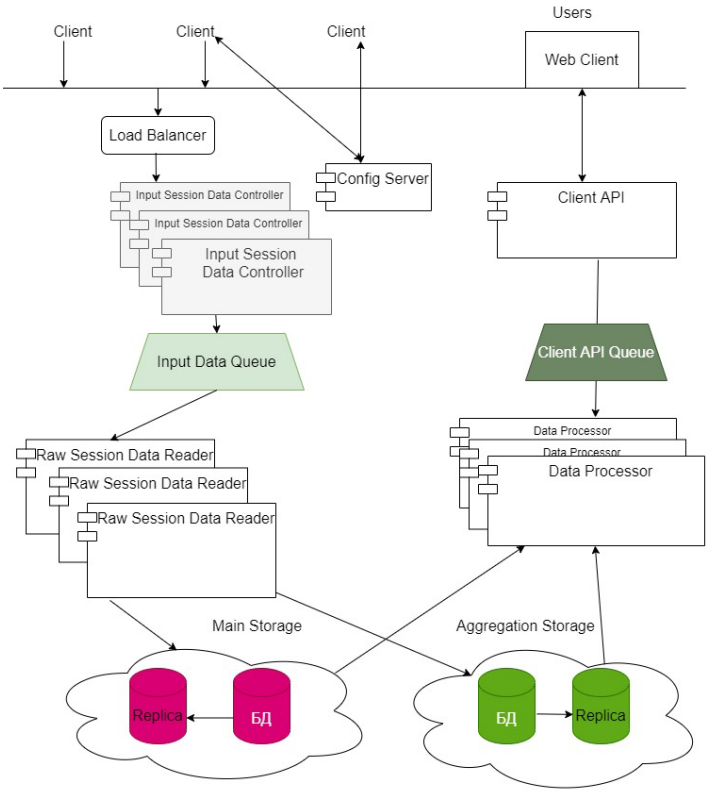


Рис. 4. Третья версия приложения

– Input Session Data Controller – Spring-Boot микросервис, который осуществляет валидацию входных JSON данных и помещает их в промежуточную очередь (Input Data Queue);

– Input Data Queue – очередь для передачи данных между Input Session Data Controller и Raw Session Data Reader;

– Raw Session Data Reader – Spring-Boot микросервис, который сохраняет данные в долговременное хранилище (Main Storage) и в агрегационное хранилище (Aggregation Storage) и производит постобработку данных;

– Main Storage – долговременное хранилище, NoSQL документно-ориентированная СУБД;

– Aggregation Storage – агрегационное хранилище СУБД ClickHouse;

– Data Processor – Spring-Boot микросервис, который формирует ответы на запросы пользователей-аналитиков;

– Client API Queue – очередь для передачи данных между Data Processor и Client Api;

– Client Api – Spring-Boot микросервис, который предоставляет REST API для web client приложения;

– Web Client – реализация на ReactJS.

Клиенты отправляют данные в Input Session Data Controller, где происходит валидация формата присланных данных по флагу “json=yes”, после чего данные о сессии поступают в очередь, оттуда DataReader по параметру “sessionID” находит данные одной сессии и отправляет их в базу данных на хранение. В свою очередь, пользователь через веб интерфейс формирует запрос на получение сессии или отчета из базы данных, этот запрос также сначала отправляется в очередь, а уже потом его обрабатывает сервис обработки данных, взаимодействуя с базами данных. “Main Storage” – база данных предназначена для хранения данных, а “Aggregation Storage” – база данных для обработки агрегирующих запросов.

По результатам тестирования третьей версии приложения были получены следующие метрики:

– Pass Rate=80%;

– Execution Rate=96%;

– Коэффициент ошибок, пропущенных в релиз=5%.

3. Выводы, полученные при обеспечении качества высоконагруженных приложений

Высоконагруженные приложения обретают все большую популярность и должны отвечать определенным требованиям, которые описаны в спецификации системы. Помимо этого, подобные приложения должны обладать следующими возможностями: масштабируемостью, низкой задержкой запросов/загрузок, достоверностью данных, управляемостью (программное обеспечение должно быть простым в обслуживании), экономической эффективностью.

На основе этого практического опыта были сделаны следующие выводы:

– необходимо проектировать систему с учетом будущего масштабирования, а также определить эффективный набор инструментов, позволяющего решать типовые задачи эффективно по аппаратным ресурсам (базы данных, очереди сообщений, языки программирования, библиотеки и т.д.);

– тестирование – важный этап в обеспечении качества, поэтому необходимо тестировать модули по мере их готовности и применять все возможные виды тестирования для данного приложения;

– разработать систему метрик качества приложения, мониторинга и логирования как инструментов диагностики ошибок и причин сбоев;

– иметь наготове инструменты по восстановлению системы в случае сбоя в кратчайшие сроки, чтобы свести к минимуму последствия.

Заключение

В данной статье кратко рассмотрены основные аспекты обеспечения качества программного обеспечения для высоконагруженных приложений. В результате проделанной работы были решены следующие задачи:

– предотвращение потерь данных: если передача данных была прервана нестабильной связью или проблемами у провайдера, данные не хранились у клиента и были потеряны;

– исправление поврежденных данных: данные могли передаваться не полностью и были сохранены в БД также не полностью, соответственно большая часть полученных данных была “грязными” данными и не пригодными для сбора аналитики;

– стабилизация скорости обработки запросов во время пиковых нагрузок. Обработка агрегирующего запроса должна выполняться не больше минуты, а загрузка истории одной сессии – не более 5 секунд.

Кроме того, были предложены рекомендации для обеспечения качества сервисов с высокой нагрузкой.

Список литературы

1. ISO/IEC 25000:2014(en). Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iso.org/ru/standard/64764.html

2. Certified Tester Foundation Level Syllabus, Version 2018, International Software Testing Qualifications Board [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.istqb.org/downloads/syllabi/foundation-level-syllabus.html

3. Kan, S. H. Metrics and Models in Software Quality Engineering / S.H. Kan. – 2nd Edition. – Boston: Addison Wesley, 2002. – 448 p.

4. Felderer, M. On Testing Data-Intensive Software Systems [Электронный ресурс] / M. Felderer, B. Russo, F. Auer. – 2019. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/337138666_On_Testing_Data-Intensive_Software_Systems

Секция 2
Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Имитационное моделирование и анализ показателей эффективности аппаратуры радиотехнического мониторинга

Д. С. Акиньшин, email: ads199011romeo@gmail.com
С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.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. *На основе имитационного моделирования потоков сигналов радиоэлектронных средств и процессов их обработки в приемно-анализирующей аппаратуре проведен анализ показателей эффективности радиотехнического мониторинга. Найдены показатели эффективности совместной и несовместной оценки характеристик радиоэлектронных средств при наличии и отсутствии перестройки частотных и временных параметров сигналов при использовании поисковых и беспоисковых модулей определения направления их прихода и частоты. Исследованы закономерности и определены рациональные варианты построения и тактико-технические характеристики аппаратуры для повышения эффективности мониторинга.*

Ключевые слова: *радиотехнический мониторинг, имитационное моделирование приемно-анализирующей аппаратуры, модули оценки частоты и направления прихода сигналов.*

Введение

Технические средства мониторинга являются компонентами системы сбора и обработки информации об обстановке и объектах, состояние и характер деятельности которых подлежат контролю. Радиотехнический мониторинг (РТМ) представляет собой комплекс информационных технологий для систематического добывания требуемой информации по результатам обнаружения и технического анализа излучений радиоэлектронных средств (РЭС) [1, 2].

Ввиду многообразия факторов, влияющих на процессы добывания информации, рациональные варианты построения аппаратуры РТМ находятся по результатам имитационного моделирования протекающих в ней процессов и анализа показателей эффективности. Согласно [2], в качестве интегральных показателей эффективности РТМ используются вероятности правильной $P_{\text{пр}}$ и ложной $P_{\text{др}}$ разведки целей, вычисляемые как отношения математических ожиданий правильно и ложно

© Акиньшин Д. С., Разиньков С. Н. 2021

классифицированных РЭС соответственно к общему количеству объектов, демаскирующие признаки которых проявились в области мониторинга.

В [3] разработана технологическая схема анализа средств РТМ, устанавливающая взаимосвязи тактико-технических характеристик (ТТХ) приемно-анализирующей аппаратуры с показателями эффективности обработки сигналов и добывания информации о заданной номенклатуре объектов [2]. В [4] с использованием объектно-ориентированного языка программирования C++, среды разработки Qt Creator и системы управления базами данных PostgreSQL построена имитационная модель аппаратуры мониторинга. По результатам статистических испытаний модели установлены зависимости интенсивности потоков обрабатываемых сигналов от времени наблюдения числа, плотности размещения и режимов работы РЭС.

В предлагаемой работе по результатам имитационного моделирования проведен анализ эффективности средств РТМ при различных вариантах их исполнения.

Цель работы – исследование закономерностей и оценка влияния ТТХ приемно-анализирующей аппаратуры на эффективность РТМ.

1. Имитационное моделирование аппаратуры радиотехнического мониторинга

Имитационное моделирование обработки сигналов в процессе РТМ проведено для комбинированных вариантов построения приемно-анализирующей аппаратуры с поисковыми и беспоисковыми модулями определения частоты (МОЧ) и направления (МОН), реализующими способы несовместной и совместной оценки частоты и направления прихода сигнала [2, 3]. При несовместной оценке параметров МОЧ и МОН функционировали в параллельном режиме; совместно угловые координаты и частота РЭС определялись в результате технического анализа сигналов в нескольких пространственных каналах с частотно-избирательными звеньями на входах МОН [3, 4]. Для измерения частоты применялись поисковый панорамный приемник (1 тип), многоканальный (2 тип) и матричный (3 тип) приемники, приемник с мгновенным измерением частоты (4 тип), приемник со сжатием сигналов (5 тип).

Поток сигналов на входе средств РТМ формировался излучениями РЭС четырех типов: без перестройки частоты и периода следования сигналов (I тип), с перестройкой частоты (II тип) или периода (III тип), с перестройкой частоты и периода (IV тип). Коэффициент перекрытия диапазона рабочих частот приемно-анализирующей аппаратуры принимался равным 2, ширина полосы пропускания частотного канала

приемника – 25% ширины диапазона, ширина полосы пропускания частотно-избирательных звеньев – 1% относительно ширина полосы пропускания частотного канала. Соотношения длительностей импульсов, периодов их следования и скорости обзора диапазона в приемнике 1 типа выбраны из условий обеспечения вероятностного поиска РЭС по частоте [3]. Интервал перестройки частоты сигналов ИРИ типа II и IV составлял 15% относительно центральной частоты диапазона, интервал перестройки периода излучений РЭС типа III и IV – 20% относительно номинального значения.

В ходе обработки сигналов осуществлялось разделение излучений, принадлежащих различным источникам, и распознавание типов (экземпляров) РЭС на основе оптимальной линейной фильтрации с идентификацией выполняемых измерений [2, 4].

2. Анализ показателей эффективности радиотехнического мониторинга

По результатам статистических испытаний имитационных моделей приемно-анализирующей аппаратуры найдены значения $P_{\text{пр}}$ для РЭС в средствах РТМ с несовместной и совместной оценкой их частоты и угловых координат при различной интенсивности потока обрабатываемых сигналов при фиксированной вероятности $P_{\text{лр}} = 0{,}01$.

Установлено, что наибольшее значение $P_{\text{пр}}$ достигается при использовании многоканального приемника за счет параллельного обзора частотного диапазона. Низкая эффективность матричного приемника обусловлена тем, что обработка сигналов производится одновременно в пределах полосы пропускания частотно-избирательных звеньев [3]. С увеличением скорости обзора частотного диапазона показатели эффективности панорамного приемника по оценки параметров сигналов в потоке излучений разнородных РЭС приближаются к характеристикам многоканального приемника; однако в этом случае снижается вероятность обнаружения РЭС вследствие уменьшения эквивалентной чувствительности МОЧ. При использовании приемника с мгновенным измерением частоты для анализа ординарного потока сигналов малой интенсивности можно обеспечить вероятность обнаружения и оценки их параметров близкую к вероятности, достижимой при параллельном обзоре частотного диапазона, за счет малого времени обнаружения и высокой точности определения частоты. Приемник со сжатием сигналов характеризуется высокой разрешающей способностью и вероятностью перехвата сигналов [2], поэтому $P_{\text{пр}}$ достигает 0,95…0,99.

С увеличением диапазона частот, где осуществляется РТМ, в 2 раза эффективность функционирования приемников 1, 3, 4 и 5 типов снижается в 1,1 раза за счет уменьшения их эквивалентной чувствительности, а приемника 2 типа – на 15%, в основном, вследствие уменьшения вероятности обслуживания потока принимаемых радиоизлучений. При последовательной оценке частоты и угловых координат ИРИ величина $P_{\text{пр}}$ не зависит от типа МОЧ. С увеличением потока сигналов эффективность системы пассивной радиолокации снижается, в основном, из-за усложнения селекции импульсных последовательностей, а при использовании поисковых МОН и МОЧ – дополнительно за счет пропуска сигналов короткой длительности.

Более высокая эффективность разведки РЭС при совместной оценке частоты и направления прихода сигналов обусловлена меньшими среднеквадратическими ошибками (СКО) измерения этих параметров по сравнению со значениями, достижимыми при функционировании МОЧ и МОН в параллельном режиме. Повышение точности оценки параметров приводит к возрастанию достоверности селекции сигналов, принадлежащих различным источникам.

Эффективность функционирования средств РТМ с поиском РЭС по пространству повышается при расширении диаграммы направленности антенны до 2º за счет возрастания времени нахождения объекта в области наблюдений. Однако при увеличении $\Delta\Omega$ свыше 2º существенно ухудшается эквивалентная чувствительность приемно-анализирующей аппаратуры, что приводит снижению электромагнитной доступности РЭС и, как следствие, значения $P_{\text{пр}}$.

Более низкая эффективность поискового по направлению приемника обусловлена снижением пространственно-временной доступности РЭС и уменьшения времени анализа сигналов ввиду отсутствия одновременности обзора сектора наблюдения.

Заключение

Таким образом, на основе имитационного моделирования процедур обработки сигналов в средствах РТМ исследованы закономерности классификации РЭС, определенных для контроля. Найдены показатели эффективности мониторинга при совместной и несовместной оценке характеристик РЭС с перестраиваемыми и неперестраиваемыми частотными и временными параметрами сигналов при использовании поисковых и беспоисковых модулей определения направления их прихода и частоты. Определены рациональные варианты построения и ТТХ приемно-анализирующей аппаратуры, обеспечивающие добывание требуемой информации в процессе мониторинга.

Список литературы

1. Меньшаков, Ю. Г. Теоретические основы технических разведок / Ю. Г. Меньшаков. – М. : МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2008. – 536 с.

2. Радзиевский, В. Г. Информационное обеспечение радиоэлектронных средств в условиях конфликта / В. Г. Радзиевский, А. А. Сирота. – М.: ИПРЖР, 2001. – 456 с.

3. Разиньков, С. Н. Оценка эффективности первичной и вторичной обработки импульсных радиосигналов в системах пассивной радиолокации / С. Н. Разиньков, А. А. Сирота // Измерительная техника. – 2004. – № 2. – С. 53-59.

4. Дубатовская, А. В. Имитационное моделирование радиоэлектронной обстановки в системах контроля воздушного пространства / А. В. Дубатовская, Д. В. Митрофанов, С. Н. Разиньков // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – № 12. – С. 135-144.

Применение компьютерного моделирования в подготовке специалистов радиоэлектронной борьбы

А. С. Аксёнов, email: nauchnajarota@yandex.ru
И. А. Канавалов, email: nauchnajarota@yandex.ru
П. А. Орлов, email: nauchnajarota@yandex.ru
Р. В. Полозов, email: nauchnajarota@yandex.ru
И. О. Черных, email: vvalex1961@mail.ru

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный)

Аннотация. *Рассмотрен способ подготовки специалистов на системе специального назначения с помощью применения учебно-тренировочного средства. Проведён расчёт основных показателей надёжности элементов средств радиоэлектронной борьбы.*

Ключевые слова: *система специального назначения, учебно-тренировочное средство, показатели надёжности.*

Введение

Одной из главных задач, стоящих перед человеком в наше время, является процесс внедрения современных технологий во все сферы его деятельности. В виду повышения роли информации в процессе жизнедеятельности человека, а также в виду постоянного удешевления компьютеров, трудно представить развитие современного мира без внедрения и постоянного совершенствования компьютерных технологий, позволяющих значительно упростить восприятие и освоение сложных систем.

Организация и проведение практических занятий для подготовки специалистов на системе специального назначения (ССН) являются сложным процессом. Предлагается создать модель данной системы с помощью программного обеспечения, чтобы предоставить её в качестве альтернативы практическим занятиям специалистов на ССН.

1. Подготовка специалистов с помощью применения учебно-тренировочного средства

Предметом исследования является анализ использования информационных технологий в виде анимационных фрагментов и 3D моделей для реализации интерактивных режимов освоения учебно-тренировочного средства (УТС) [1].

© Канавалов И. А., Орлов П. А., Полозов Р. В., Черных И. О., 2021

В качестве метода для интеграции в процесс подготовки специалистов радиоэлектронной борьбы (РЭБ) выбран метод, основанный на применении автоматизированных компьютерных систем освоения. Формой реализации метода выбрано УТС со специальными интерактивными и интеллектуальными программами.

Подготовка специалистов РЭБ обусловлено рядом недостатков, таких, как:

– затраты на обслуживание, работу, развёртывание и износ техники;

– зависимость проведения практических занятий от погодных условий;

– повышенный риск поломки техники, связанный с работой на станциях плохо подготовленных специалистов;

– повышенный риск травматизма, вызванный использованием при работе техники высокого напряжения и другими факторами.

Эти недостатки делают актуальной задачу построения мультимедийного модульного учебно-тренировочного средства (УТС) освоения ССН, так как оно позволит повысить качество подготовки специалистов РЭБ путем внедрения в процесс подготовки компьютерного мультимедийного обучающего комплекса, в котором будут реализованы современные методы и подходы построения интеллектуальных компьютерных обучающих систем.

Применение УТС в процессе подготовки специалистов ССН сокращает минимальное число необходимого технического персонала и преподавателей, задействованных в проведении занятия (Рисунок). Это обусловлено отсутствием при подготовке на УТС необходимости проведения ряда мероприятий, связанных с развёртыванием техники, обеспечением её электропитанием, сезонными профилактическими и консервационными работами.



Рисунок. Гистограмма задействования преподавателей при различных способах подготовки

Повсеместная интеграция УТС в процесс подготовки специалистов ССН снижает экономические затраты, связанные с расходом топлива для работы генераторов и двигателя техники в случае необходимости работы от внутреннего источника питания и смены её дислокации. Подготовка посредством УТС снижает износ техники и риск поломки и экономит её ресурс, тем самым продлевая срок службы. Погодные условия также сильно влияют на возможность проведения занятий на ССН и способствуют дополнительным материальным затратам, например, обеспечение оптимальной температуры воздуха для пребывания в кунге в жаркое время года требует работы кондиционера, в холодное время отопительной системы, что вызывает незапланированные энергозатраты. Использование УТС в подготовке специалистов позволяет проводить занятия при любых погодных условиях без дополнительных материальных затрат.

Занятия со специалистами ССН на реальных образцах обусловлены повышенным травматизмом, вызванным высоким напряжением, используемым при работе станции. Механизмы для развертывания антенных систем и опорных конструкций, также представляют повышенный риск получения травм специалистами, работающими на ССН впервые или имеющими недостаточный для этого опыт. Использование в занятиях УТС снижает подобные риски, за счет повышения качества первичной подготовки специалистов, работающих на технике, и визуального ознакомления с ее основными узлами.

Применение УТС в процессе подготовки специалистов ССН сокращает минимальное число необходимого технического персонала и преподавателей, задействованных в проведении занятия (Рисунок). Это обусловлено отсутствием при подготовке на УТС необходимости проведения ряда мероприятий, связанных с развёртыванием техники, обеспечением её электропитанием, сезонными профилактическими и консервационными работами.

2. Расчёт основных показателей надёжности элементов

Способность системы, а также его некоторых отдельных частей, успешно выполнять радиоэлектронное подавление радиоэлектронных объектов противника, а также осуществлять радиоэлектронную защиту своих радиоэлектронных объектов, работа которого не прерывается авариями или иными неисправностями, называется надёжностью этой системы. Иными словами, под надёжностью принято понимать свойства, включающие в себя безотказность, ремонтопригодность, долговечность или некоторые сочетания этих понятий [2].

Расчёт показателей надёжности ССН позволит спрогнозировать вероятность отказа $F(t)$, а также вероятность безотказной работы $P(t)$ системы в течение определённого промежутка времени Δt. Правильно выполненный расчёт надёжности позволит определить периодичность проведения планового ремонта системы, а также вероятный срок списания изделия. Именно поэтому расчёт показателей надёжности ССН является актуальной задачей на сегодняшний день.

Расчёт основных показателей надёжности может производиться двумя способами: с учётом резервирования и без учёта резервирования. Рассмотрим расчёт надёжности без учёта резервирования. Вероятность того, что в определённом промежутке времени в каком-либо оборудовании системы не произойдёт отказ, называется вероятностью безотказной работы $P(t)$. Если предположить, что в случае отказа оборудования будут представлены как независимые друг от друга события, то мы сможем определить вероятность рабочего состояния системы с помощью следующей формуле [3]:

$$P(t) = \prod_{i=1}^{n} P_i(t) = P_1(t)P_2(t)P_3(t)...P_n(t) \quad (1)$$

где $P_i(t)$ – вероятность того, что i-ый элемент системы будет работать безотказно, n – количество элементов в комплексе.

Возможность того, что в каком-либо промежутке времени произойдёт поломка оборудования комплекса, называется вероятностью появления отказа $F_i(t)$. В этом случае вероятность отказа оборудования рассчитывается по формуле:

$$F(t) = 1 - P(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} P_i(t) = \prod_{i=1}^{n} [1 - F_i(t)] \quad (2)$$

где $F_i(t)$ – вероятность того, что в i-том элементе системы произойдёт отказ.

На основании [4], эксплуатационная интенсивность отказов всей системы λ, определяется по формуле:

$$\lambda = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \bullet K_i \bullet N_i \quad (3)$$

где m – количество групп элементов, входящих в состав системы; N_i, K_i – количество и поправочные коэффициенты i-го элемента

системы; λ_i – интенсивность возникновения какого-либо отказа у i-го элемента системы.

Под математическим ожиданием наработки на отказ, случившийся в первый раз, оборудования представляют такой параметр, как средняя наработка на отказ T_0.

Средняя наработка на отказ T_0 определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} \tag{4}$$

Так как вероятность безотказной работы есть функция от времени $\mathrm{P(t)}$, то:

$$\mathrm{P(t)} = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau} \tag{5}$$

Теперь рассмотрим особенности расчёта основных показателей надёжности ССН с учётом резервирования. При резервировании ССН или какой-либо важной его части, отказ системы возникает только в том случае, когда возникает поломка, как на основной, так и на резервируемой части системы. В таком случае, вероятность безотказной работы $\mathrm{P_c(t)}$ и вероятность отказа $\mathrm{F_c(t)}$ системы рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \mathrm{P_c(t)} &= 1 - [\mathrm{F(t)}]^{\mathrm{m+1}} \\ \mathrm{F_c(t)} &= [\mathrm{F(t)}]^{\mathrm{m+1}} \end{aligned} \tag{6}$$

Среднее время безотказной работы системы при резервировании вычисляется следующим образом:

$$T_c = \lambda^{-1} \sum_{i=0}^{m} (i+1)^{-1} \tag{7}$$

где $\lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$ – интенсивность возникновения какого-либо отказа где λ_i – интенсивность возникновения какого-либо отказа у i-го элемента системы.

В виду того, что ССН может состоять как из резервируемых, так и из не резервируемых частей, то при автоматизации расчётов надёжности системы необходимо пользоваться всеми перечисленными методами расчёта.

Заключение

Расчёт основных показателей надёжности элементов средств РЭБ позволит спрогнозировать вероятность отказа, а также вероятность

безотказной работы системы в течение определённого промежутка времени.

Эта методика применяется сейчас при создании УТС подготовке специалистов РЭБ. Применима для подготовки специалистов других ССН.

Научный руководитель темы д.т.н. профессор Алексеев В.В., ТГТУ

Список литературы

1. Алексеев В. В. Методика оценки адекватности имитационного моделирования по информационному полю в компьютерных системах освоения сложных эргатических комплексов / В. В. Алексеев, В. А. Дикарев, В. Н. Потапов. Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XII Международной научно-практической конференции, Воронеж, 9-10 февраля 2012 г.: в 2 т. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета. – Т. 1. – 2012. 7-9 с.

2. Надёжность электроснабжения: учебно-методический комплекс / сост: Зайцев Г. З., Минакова Т. Е., Сливкин А. В. – СПб.: изд-во СЗТУ, 2010. – 117 с.

3. Конюхова Е. А. Надёжность электроснабжения промышленных предприятий / Е. А. Конюхова, Э. А. Киреева. – М. : НТФ «Энергопрогресс», 2001. – 92с.

4. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Надежность систем электроснабжения» для студентов очной формы обучения специальности 140106.65 – «Энергообеспечение предприятий». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2012, 175 с.

Использование технологии глубокого машинного обучения для построения ИНС-модели профессиональной предрасположенности

А. А. Арзамасцев, e-mail: arz_sci@mail.ru[1]
Н. А. Зенкова, e-mail: natulin@mail.ru[2]
О. В. Крючин, e-mail: kryuchov@gmail.com[2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина

Аннотация. *Обсуждаются результаты глубокого машинного обучения искусственной нейронной сети на массиве данных, представляющих собой результаты тестирования более тысячи школьников города Тамбова в плане их профессиональной предрасположенности. В работе использована авторская программа, позволяющая автоматически определять архитектуру сети на основе конструктивного алгоритма. В докладе обсуждаются возможности использования указанного приема для извлечения новых знаний об объекте (Data Mining) и разработке компьютерных систем профессионального тестирования.*

Ключевые слова: *искусственные нейронные сети, машинное обучение, алгоритмы и методы глубокого обучения, ИНС-модель, анализ больших данных, извлечение знаний из данных, системы профессионального тестирования.*

Введение

В настоящее время наблюдается значительный рост числа объектов из области естественных наук, информационных технологий, а также социальной сферы, требующих изучения посредством исследования их математических моделей. В случае, если информация о подобных объектах представлена массивами эмпирических данных, общая методология таких исследований базируется на традиционных приемах построения математических моделей, их параметрической идентификации с последующим изучением модели аналитическими или компьютерными методами.

Значительные возможности и универсализм в плане построения моделей на основе эмпирических данных предоставляет аппарат искусственных нейронных сетей – ИНС-модели [1-4]. Развитие математического обеспечения для научных исследований на базе языка

© Арзамасцев А. А., Зенкова Н. А., Крючин О. В., 2021

Python в настоящее время позволяет исследователю сосредоточиться на понимании проблемы и использовать готовые, хорошо отлаженные и адаптированные алгоритмы и методы оптимизации [1], позволяющие в полной мере использовать потенциал нейронных сетей для создания генеративных ИНС-моделей [2]. Использование таких моделей уже приносит значительные результаты в науках о живых объектах – геномике, биологии, медицине [3], и вполне может быть использовано для объектов социальной сферы.

Ранее авторами данного доклада были построены ИНС-модели для различных систем психологического тестирования, позволившие вскрыть систему внутренних связей тестов, а также были разработаны методики психологического и профессионального тестирования, базирующиеся на обучении ИНС-моделей с использованием эмпирических данных для значительного числа респондентов и их независимых оценок [5].

В качестве инструмента получения знаний использовали аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС-модели), включающий в себя конструктор структур, который позволяет оперативно изменять структуру ИНС-моделей и алгоритмы машинного обучения, что позволяет успешно решать задачи параметрической идентификации [5].

Выбор архитектуры сети является наиболее существенной проблемой при построении ИНС-модели какого-либо объекта [1]. На практике при конструировании архитектуры сети, предназначенной для описания некоторых эмпирических данных могут быть использованы следующие подходы: интуитивное представление о структуре связей объекта; теоремы Колмогорова о представимости функции многих переменных в виде суперпозиций и сумм функций одной переменной; возможность разложения функции многих переменных в ряд Тейлора; конструктивные (наращивание структуры сети от минимальной до оптимальной) или деструктивные (сокращение структуры сети от некоторой избыточной до оптимальной) алгоритмы.

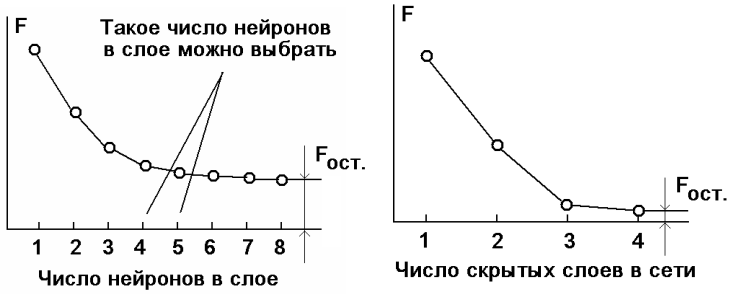
В наших первых работах 2005-2010 года мы использовали архитектуры ИНС-моделей, вытекающие из классических теорем Вейерштрасса и Колмогорова, а также из разложения функции многих переменных в ряд Тейлора. Практика использования такого подхода показала, что полученные модели имеют следующие недостатки: аппроксимативный характер, не позволяющий увидеть "тонкие" стороны рассматриваемого объекта; незначительное число скрытых слоев, не позволяющее достичь глубокого обучения. В дальнейших работах мы использовали конструктивный алгоритм, обеспечивающий постепенное наращивание нейронов в скрытом слое и числа скрытых

слоев, что позволяло получать многослойные полносвязные структуры и избегать переобучения ИНС-моделей ввиду поэтапного наращивания сети.

Конструктивный алгоритм модификации архитектуры ИНС-модели

Данный алгоритм использует полносвязные ИНС-модели с прямым распространением сигнала. Он базируется на двух эмпирических феноменах обучения ИНС-модели, которые обычно наблюдаются при изменении числа нейронов в скрытом слое и количества скрытых слоев (рис. 1 а, б).

На рис. 1 а показано как изменяется ошибка обучения сети при изменении числа нейронов в скрытом слое. Видно, что вначале, при добавлении новых нейронов ошибка убывает. Однако, начиная с некоторого числа нейронов, она стабилизируется так, что дальнейшее увеличение их количества не приводит к снижению ошибки обучения. По всей видимости, речь здесь может идти о непреодолимой погрешности, которую можно связать с несоответствием структуры ИНС-модели и моделируемого объекта. Можно сделать вывод, что увеличивать число нейронов в слое целесообразно лишь до тех пор, пока это приводит к уменьшению ошибки обучения (на рис. 1 а – это число 4 или 5).



а б

а – выбор числа нейронов в скрытом слое, б – выбор количества скрытых слоев ИНС-модели

Рис. 1. К алгоритму выбора числа нейронов в скрытом слое и количества скрытых слоев ИНС-модели

На рис. 1 б показано, как изменяется ошибка обучения сети при увеличении числа скрытых слоев, при условии, что выбор количества

нейронов в каждом слое производится так, как это показано на рис. 1 а. Из этого рисунка видно, что ошибка обучения сети быстро убывает до остаточного значения $F_{ост}$, которое не может быть уменьшено в дальнейшем. Такое значение $F_{ост}$ может быть связано с погрешностью эмпирических данных, используемых при обучении ИНС-модели. Из рис. 1 б также хорошо видно, что информацию об уменьшении $F_{ост}$ можно использовать для выбора числа скрытых слоев. Так, ошибка обучения практически не меняется при использовании 3-х или 4-х скрытых слоев, следовательно, такая величина и может быть выбрана для ИНС-модели (рис. 1 б).

Рассмотренная феноменология обучения ИНС использована нами для конструирования алгоритма самоорганизации структуры. Суть алгоритма заключается в постепенном наращивании числа нейронов в каждом слое и числа скрытых слоев до тех пор, пока ошибка обучения сети Fост не перестанет уменьшаться.

В блоке 1 задают число входов ИНС-модели – n (определяется постановкой задачи и зависит от числа факторов, оказывающих влияние на моделируемый объект), число выходов – k (определяется как число факторов, являющихся результатом моделирования и интересующих пользователя системы); начальное число слоев – S принимается равным единице.

В блоках 2 и 3 задаются начальные условия: начальная лучшая невязка для нейрона (BestError) – максимальное число используемого типа; начальная лучшая невязка для слоя (LayerBestError) – максимальное число используемого типа; начальная лучшая невязка для всей сети (NetBestError). В процессе конструирования сети данные невязки будут изменяться и достигать своего минимального значения.

Также пользователем задается величина delta – несущественное изменение невязки. Если разница между двумя невязками (полученной в настоящий момент времени и предыдущей) становится меньше величины delta, то построение слоя (в случае несущественного изменения BestError) или построение всей сети (в случае несущественного изменения LayerBestError) будет прекращено.

В блоке 4 задается первоначальное число нейронов в каждом из предполагаемых слоев ИНС равным нулю.

В блоке 5 при переходе к построению нового слоя нейронов невязка сети получает то значение, которое получилось в конце построения предыдущего нейронного слоя.

В блоке 6 в начале построения нового нейронного слоя счетчик слоев в сети – S увеличивается на единицу.

В блоке 7 при подборе нового нейрона в текущем слое счетчик нейронов в этом слое – i увеличивается на единицу.

В блоке 8 при подборе нового нейрона в текущем слое невязка данного слоя получает то значение, которое получилось в результате подбора предыдущего нейрона в слое.

В блоке 9 при подборе активационной функции каждого нового нейрона в текущем слое осуществляется перебор всех уже имеющихся в наличии слоев ИНС.

В блоке 10 осуществляется перебор всех нейронов в каждом из уже построенных слоев ИНС.

В блоке 11 осуществляется перебор всех имеющихся в распоряжении пользователя активационных функций нейронов. Таким образом, имеется возможность не просто подобрать активационную функцию только для одного (рассматриваемого в данный момент времени) нейрона при закрепленных активационных функциях остальных нейронов в сети, а произвести перебор всех имеющихся нейронов и, если это приведет к уменьшению значения невязки, поменять активационные функции некоторых из них.

В блоке 12 производится обучение сети по определенному алгоритму (один из методов определения минимума функции многих переменных) и находится значение лучшей текущей невязки – ej.

В блоке 13 – если произошло уменьшение лучшей текущей невязки – ej по сравнению с лучшей невязкой для подбираемого в данный момент времени нейрона – BestError, то управление передается к блоку 14, в противном случае осуществляется переход к новой активационной функции нейрона (блок 11).

В блоке 14 номер активационной функции, при которой произошло уменьшение ej, записывается в массив FBest в строку с номером S (этот номер соответствует номеру слоя) и в столбец с номером i (этот номер соответствует номеру нейрона, активационная функция которого подбирается в данный момент времени).

В блоке 15 значение невязки ej записывается в переменную BestError – теперь это значение будет лучшим для подбираемого нейрона.

В блоке 16 осуществляется запись текущих значений коэффициентов синаптических связей.

В блоке 17 – если произошло существенное уменьшение (на величину, большую, чем delta) величины лучшей невязки последнего нейрона (BestError) относительно лучшей невязки для последнего построенного слоя (LayerBestError), то можно добавить в текущий слой еще хотя бы один нейрон (см. блоки 18 и 19). В противном случае (если

существенного уменьшения невязки не произошло), то добавление нового нейрона в текущий слой, вероятнее всего, не приведет к дальнейшему существенному уменьшению лучшей невязки, т.е. необходимо перейти к блоку 20.

В блоке 18 осуществляется запись количества нейронов на последнем построенном слое.

В блоке 19 производится восстановление начальных коэффициентов синаптических связей и осуществляется переход к блоку 7.

В блоке – если произошло существенное уменьшение (на величину, большую, чем delta) величины лучшей невязки последнего построенного слоя (LayerBestError) относительно лучшей невязки сети (NetBestError), то можно добавить в сеть еще хотя бы один нейронный слой: перейти к пункту 4. В противном случае (если существенного уменьшения невязки не произошло), то добавление нового слоя в сеть не приведет к дальнейшему уменьшению лучшей невязки сети, т.е. необходимо перейти к блоку 21.

В блоке 21 – сеть построена.

Данный алгоритм реализован в виде нескольких программ [7-8], которые позволяют осуществлять следующие функции:

2. ввод исходных данных для обучения сети (векторы x и y) из отдельных файлов, в программе реализуется концепция «обучение с учителем»;

3. обучение ИНС по методам сканирования, Монте-Карло и градиентному;

4. выбор передаточной функции нейронов (линейная, параболическая второй степени, параболическая третьей степени, сигмоид);

5. визуализацию ошибки обучения сети по мере увеличения числа нейронов в слое и увеличения числа слоев;

6. визуализацию структуры сети в виде схемы;

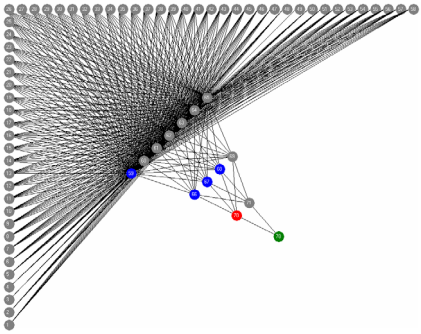
7. запись в соответствующие файлы результатов обучения сети – ее структуры, коэффициентов передачи (синаптических связей), функций нейронов и погрешностей обучения.

Глубокое обучение ИНС-модели на эмпирических данных по профессиональной предрасположенности школьников

Программа и алгоритм использованы для построения компьютерной модели профессиональной предрасположенности школьников старших классов города Тамбова на основе значительного по объему эмпирического материала [6]. Обучающая выборка, являющаяся результатом анкетирования более чем тысячи школьников,

представляла собой прямоугольную матрицу размером 1052 строки и 253 столбца. Строки представляли собой записи, соответствующие респонденту, столбцы – варианты ответа респондентов на вопросы анкеты, касающейся предрасположенности к дальнейшему образованию в университете по различным профилям. В качестве выходной переменной использовали независимую оценку личностных качеств каждого респондента.

Обучение ИНС-модели проводили таким образом, что архитектура сети выбиралась автоматически по описанному ранее алгоритму. При этом, приведенная погрешность на контрольной выборке составила не более 10%, что позволило считать ИНС-модель адекватной реальному объекту (в данном случае объектом являлся социум, включающий учащихся старших классов школ г. Тамбова). Общая структура полученной сети показана на рис. 2, а ее коэффициенты синаптических связей приведены в презентации к докладу.



1-58, 60-65, 69, 71 – входные нейроны и нейроны с линейной активационной функцией; 59, 66, 67, 68 – нейроны с активационной функцией типа «сигмоид» – $(f(s)=1/(1+s^2))$; 70 – нейрон с параболической активационной функцией $(f(s)=s^2)$; 78 – выходной нейрон с параболической активационной функцией $(f(s)=s^3)$. Общее число связей (весовых коэффициентов сети) – 444

Рис. 2. Структура ИНС-модели

Заключение

Таким образом, на основе значительного массива эмпирических данных нами получена многослойная ИНС-модель профессиональной предрасположенности. Из рис. 2 видно, что данная модель имеет четыре скрытых внутренних слоя, содержащих как линейные, так и нелинейные элементы, которые были найдены автоматически в соответствии с приведенным алгоритмом. Данные обстоятельства, а также значения

весовых коэффициентов, приведенные в докладе, позволяют классифицировать модель как нелинейную со значительным количеством связей между входными и внутренними параметрами.

Полученная ИНС-модель может использоваться и в качестве генеративной, т.к. обобщая эмпирические данные с погрешностью, не превышающей 10%, она может предсказывать выходные значения для респондентов, результаты тестирования которых не содержатся в обучающей выборке.

Эти и другие свойства полученной ИНС-модели позволили говорить о ее глубоком обучении в данной предметной области. Указанные обстоятельства позволяют использовать ее как для извлечения новых знаний об объекте (Data Mining), так и в качестве ядра при разработке компьютерных систем профессионального тестирования.

Список литературы

1. Будума Н. Основы глубокого обучения. Создание алгоритмов для искусственного интеллекта следующего поколения / Нихиль Будума, Николас Локашо; пер. с англ. А. Коробейникова; [науч.ред. А. Созыкин]. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2020. – 304 с.

2. Фостер Д. Генеративное глубокое обучение. Творческий потенциал нейронных сетей. – СПб. : Питер, 2020. – 336 с.

3. Глубокое обучение в биологии и медицине / Рамсундар Б. [и др.]; пер. с англ. В. С. Яценкова. – М. : ДМК Пресс, 2020. – 200 с.

4. Харрисон М. Машинное обучение: карманный справочник. Краткое руководство по методам структурированного машинного обучения на Python. : Пер. с англ. – СПб. : ООО «Диалектика», 2020 – 320 с.

5. Арзамасцев А.А., Зенкова Н.А. Моделирование в психологии на основе искусственных нейронных сетей. – Тамбов: ИМФИ ТГУ им. Г.Р. Державина, 2003. – 106 с.

6. Арзамасцев А. А. Личностные качества и профессиональная предрасположенность школьников старших классов города Тамбова / А. А. Арзамасцев, И. Е. Безрученко, Н. А. Зенкова. – Тамбов : ИМФИ ТГУ имени Г. Р. Державина, 2004. – 103 с.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2007610622. Многофункциональный программный комплекс для компьютерного моделирования на основе искусственной нейронной сети с самоорганизацией структуры / А. А. Арзамасцев, О. В. Крючин, А. Н. Королев, Н. А. Зенкова. – 08.02.2007.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017619671. Программный комплекс для моделирования нейронных сетей с параметрически изменяющимися активационными функциями нейронов / А. А. Арзамасцев, М. А. Кисляков, Н. А. Зенкова. – 01.09.2017.

Автоматизация расчета климатических характеристик температуры воздуха

Г. Н. Бакаев, E-mail: bakaev074@gmail.com
И. В. Круссер
А. В. Помазанов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе представлена программа для автоматизации расчета экстремальных и средних значений температуры воздуха за различные промежутки времени. Программа позволяет прослеживать временную динамику изменения значений температуры воздуха.*

Ключевые слова: *климатические характеристики, температура воздуха, автоматизированный расчет, программа.*

Введение

Температурный режим является одной из наиболее существенных характеристик климата. Климатические данные по температуре воздуха, и особенно, показатели, характеризующие ее изменчивость, необходимы для оценки как летно-метеорологических условий, так и для решения целого комплекса задач, связанных с изысканием, проектированием, строительством и эксплуатацией аэродромов [1].

В авиационно-климатических исследованиях приводятся следующие характеристики (по месяцам) многолетнего режима температуры воздуха у земли: суточный ход температуры; средние значения температуры (суточные, пентадные, декадные, месячные); средний максимум и минимум; абсолютный максимум и минимум; повторяемость различных градаций (или значение) температуры, характеристика ее изменчивости.

Для оценки условий эксплуатации аэродромов, кроме этого, необходимы еще характеристики: средние и крайние даты перехода среднесуточной температуры через заданные пределы; даты первого и последнего заморозка; продолжительность периодов с температурой воздуха выше (ниже) заданных уровней.

При решении задач, связанных со строительством аэродромов и их теплотехнических обеспечением, требуется дополнительная

© Бакаев Г. Н., Круссер И. В., Помазанов А. В., 2021

информация о значениях температуры самой холодной пятидневки (расчетные значения), эффективных температур и др.

Совокупность указанных характеристик дает достаточно полное представление о термическом режиме района аэродрома или исследуемой территории и при необходимости позволяет перейти к специализированным климатическим показателям без повторного обращения к исходным климатическим рядам.

1. Постановка задачи

Целью данной работы является разработка программы для автоматизации расчета экстремальных и средних значений температуры воздуха за различные промежутки времени (год, месяц, сутки), а также для построения графиков распределения температуры воздуха за соответствующие сроки с целью визуального представления ее хода.

Программа была создана в одной из самых популярных сред быстрой разработки приложений – среде DELPHI. Borland Delphi представляет собой средство разработки приложений для Microsoft Windows. Delphi является мощным и простым в использовании инструментом для создания автономных программ, обладающих графическим интерфейсом (GUI), или 32-битных консольных приложений (программ, которые не имеют графического интерфейса). Delphi основан на Object Pascal, языке, аналогичном объектно-ориентированному C++. Компилятор Delphi упаковывает приложения в компактные исполняемые файлы, причем нет необходимости в громоздких библиотеках DLL. Библиотека Visual Component Library (автономные бинарные части программного обеспечения, которые выполняют некоторые конкретные предопределенные функции) Delphi является объектно-ориентированной базой. В этой библиотеке имеются классы для таких визуальных объектов Windows как окна, кнопки и т.д., а также классы для пользовательских элементов управления, таких как таймер и мультимедийный плеер, наряду с не визуальными объектами, такими как список строк, таблицы базы данных, потоки и т.д. [2]. Общее окно программной среды Delphi 2006 представлено на рис. 1.

Программа позволяет прослеживать временную динамику изменения значений температуры воздуха.

Программа способна решать следующие задачи:

1. Расчет средних значений температуры воздуха за различные сроки.
2. Расчет максимальных значений температуры воздуха за различные сроки.
3. Расчет минимальных значений температуры воздуха за различные сроки.

4. Построение графиков хода температуры воздуха за различные сроки.

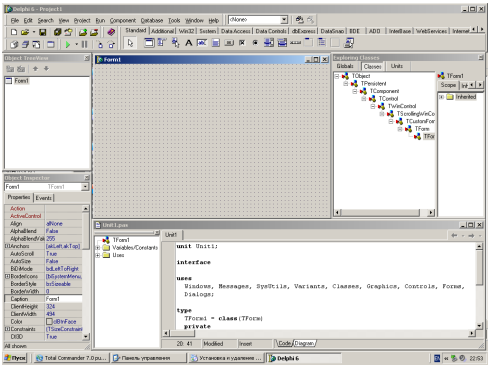


Рис. 1. Общее окно программы Delphi 2006

Методика расчета основных климатических показателей температурного режима

Методика расчета основных климатических показателей температурного режима состоит в следующем [1].

Для построения кривых суточного хода температуры воздуха используются данные ежемесячных наблюдений на аэродроме, полученные для отдельных месяцев за период не менее пяти лет.

Суточный ход представляется в виде средних многолетних значений температуры $\overline{T}_i$, рассчитанных за каждый *i*-ый срок наблюдения (*i*=1,2,……..24):

$$\overline{T}_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} t_{ij}, \qquad (1)$$

где n – число случаев, t_{ij} – значения температуры за *i*-ый срок в *j*-ом наблюдении.

Суточных ход температуры существенно зависит от облачности, поэтому при расчете необходимо учитывать состояние неба отдельно для нижней и общей облачности. Средняя минимальная $\overline{T}_{мин.}$ (и средняя максимальная $\overline{T}_{мак.}$) температура вычисляется для каждого месяца по данным ежедневных отчетов по минимальному (максимальному) термометру путем простого сложения результатов измерений и деления суммы на число дней в месяце (2):

$$\overline{T}_{мин} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} T_{мин,j},\ \overline{T}_{мак} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} T_{мак,j}, \quad (2)$$

где j – номер отсчета, n – число дней в данном месяце.

Значения $\overline{T}_{мин}$ и $\overline{T}_{мак}$ дают представление о средней температуре воздуха в наиболее холодной (теплой) части суток данного месяца.

Для удобства вычисления результаты ежедневных отчетов по максимальному и минимальному термометрам могут быть представлены в форме рабочей таблицы.

По результатам вычислений средней за месяц минимальной и максимальной температуры воздуха рассчитываются их средние многолетние значения (3):

$$\overline{T}_{мин(мак)} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} T_{мин(мак),j}, \quad (3)$$

где N – число лет.

Для расчета повторяемости температуры воздуха используются как климатические значения, полученные из климатического описания района базирования аэродрома, так и фактические значения повторяемости температуры воздуха.

На рис. 2 представлено общее окно, предоставляющее доступ к другим частям программы.

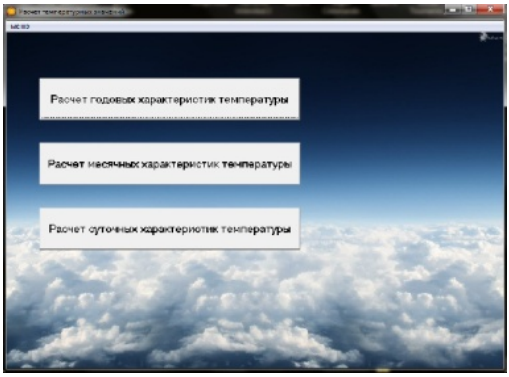


Рис. 2. Общее окно

Для того, чтобы перейти в какой-либо из режимов расчета, необходимо нажать на соответствующую кнопку. Программа состоит из нескольких рабочих окон, одно из которых представлено на рис. 3, позволяющее вводить значения температуры воздуха.

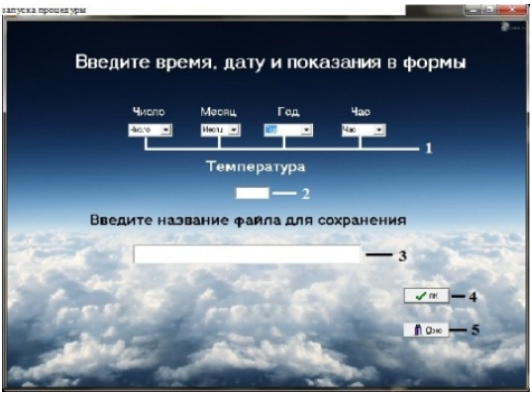


Рис. 3. Окно ввода значений температуры

На рис.4 представлено окно, позволяющее производить расчеты средних и экстремальных годовых и месячных значений температуры и построение графика ее хода.

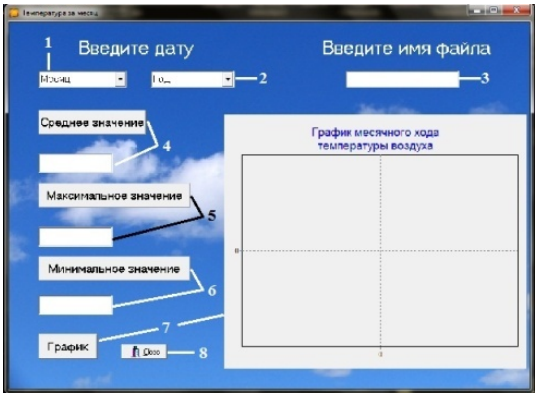


Рис. 4. Окно для расчета средних и экстремальных значений температуры и построения графика ее хода

Для начала расчетов необходимо ввести или выбрать уже имеющиеся исходные данные, соответствующие исследуемому случаю.

Пример результатов расчета климатологических характеристик температуры воздуха представлен на рис. 5.

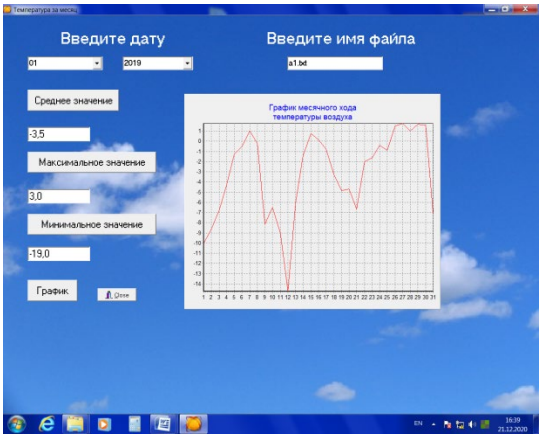


Рис. 5. Окно с результатами расчета месячного хода температуры воздуха и ее экстремальных значений за январь 2019 г.

Заключение

Таким образом, в результате разработки была получена программа расчета климатических характеристик температуры воздуха, а результаты исследований могут быть использованы при выполнении лабораторных работ слушателями и курсантами по дисциплине «Климатология».

Список литературы

1. Круссер, И.В. Климатология. Учебное пособие, Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2013. – 182 с.

2. Фаронов, В.В. DELPHI Программирование на языке высокого уровня: Учебник для вузов, СПб: Изд. Питер, 2005. – 640 с.

Проведение исследований непрерывности управления авиационным формированием с использованием средств компьютерного моделирования

С.С. Белоусов, e-mail: belousovtel@yandex.ru
П.А. Федюнин, e-mail: fpa@yandex.ru
С.П. Юрченко

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

Аннотация. *В данной статье рассматривается применение интерактивной среды программирования MATLAB для анализа и оценки зависимости непрерывности управления от значений интенсивностей потери и восстановления управленческих функций.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, непрерывность управления, система связи.*

Введение

Выполнение поставленных задач силами авиационных формирований во многом зависит от качества управления ими соответствующими должностными лицами, анализ источников в данной области показал, что наиболее проработанными на сегодняшний день являются такие свойства процесса управления как устойчивость, оперативность и скрытность управления, в свою очередь наименее раскрытым, по мнению авторов, является непрерывность управления.

Под непрерывностью управления авиационным формированием в статье понимается способность системы управления обеспечить процесс управления в необходимом темпе и функционирование управляемых сил без снижения их боевой готовности, устойчивости и эффективности [1].

Целью статьи является представление компьютерной модели оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием, разработанной в интерактивной среде программирования MATLAB позволяющей произвести анализ и оценку зависимости непрерывности управления от значений интенсивностей потери и восстановления управленческих функций.

© Белоусов С. С., Федюнин П. А., Юоченко С. П., 2021

1. Определение зависимости вероятности непрерывности управления от интенсивности потери (восстановления) управления

Ресурсы системы связи служат для обеспечения обмена информацией между субъектами и объектами управления. При этом по каналу прямой связи передаются управляющие воздействия, а по каналу обратной связи – в информация о состоянии объекта. Совокупность, включающую субъект управления, объекты управления и ресурсы системы связи, будем называть системой управления. Для обеспечения потребности системы управления в информационном обмене и решения задач управления на базе системы связи создаются информационные направления, которые реализуются направлениями связи. Таким образом, направления связи являются тем объектом, который связывает в единое целое систему связи (так как информационное направление базируется на направлении связи) и систему управления (так как создается в целях решения задач управления).

С позиции теории управления вероятность того, что управление авиационным формированием будет непрерывным характеризуется вероятностью непрерывного управления принятого за обобщенный показатель и может быть получено путем решения уравнения:

$$P_{ну}(t) = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}\left[1 - e^{-(\alpha+\beta)t}\right] + e^{-(\alpha+\beta)t}, \qquad (1)$$

$\alpha = 1/T_в$ –интенсивность восстановления управленческих функций; $\beta = 1/T_{пр}$ – интенсивность потери управленческих функций; $T_{пр}$ – среднее время между интервалами потери управления; $T_в$ – среднее время восстановления управленческих функций.

Переходя к выбору показателей необходимо пояснить, что выполнение поставленной задачи авиационным формированием будет производиться в несколько этапов и на каждом из этапов в зависимости от складывающейся обстановки система связи должна предоставлять требуемый ресурс системы связи (направлений связи). При этом число объектов управления (авиационных комплексов) по ходу выполнения поставленной задачи может остаться постоянным (за исключением понесенных потерь), однако субъекты управления (пункты управления) могут изменяться. Это связанно, прежде всего, с заданными рубежами передачи управления согласно заблаговременно созданного плана управления, так и в связи с необходимостью поддержания требуемого уровня качества управления при деструктивном воздействии противника. Данная ситуация в графическом виде показана на рис. 2, где по оси t показано время выполнения поставленной задачи как в целом так и по этапам ее выполнения,

по оси $P_{ну}(t)$ уровень непрерывности управления (при $P_{ну}(t)$ =1 управление идеальное, при $P_{ну}(t)$ <0,8 управление считается потерянным), а также графики $U(t)_i$ характеризующие возможности системы связи i -го ПУ обеспечить процесс передачи управляющих воздействий в необходимом темпе.

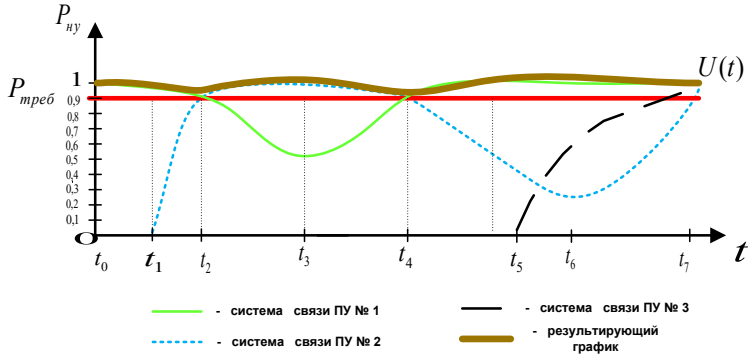


Рис. 1. График зависимости вероятности непрерывности управления от показателей $T_{пр}$ и $T_в$ системы связи

Приоритетным направлением при анализе возможностей системы связи i - го ПУ является установление момента времени, когда график функции $U(t)_i$ пересечет линию $P_{треб}$, что можно приравнять к потере управления объектом, и в целях недопущения указанной ситуации, система связи должна своевременно осуществить проверку состояния ресурса связи (направлений связи) на том ПУ, с которого согласно приоритета будет далее осуществляться управление, далее на основании решения должностного лица органа управления обеспечить передачу управления с одного субъекта на другой.

Для получения необходимых данных применим интерактивную среду программирования MATLAB для анализа и оценки зависимости непрерывности управления от значений интенсивностей потери и восстановления управленческих функций. Графически зависимость $P_{ну}(t)$ от показателей $T_{пр}$ (на графике T_{tu}) и $T_в$ представлена на рис. 2.

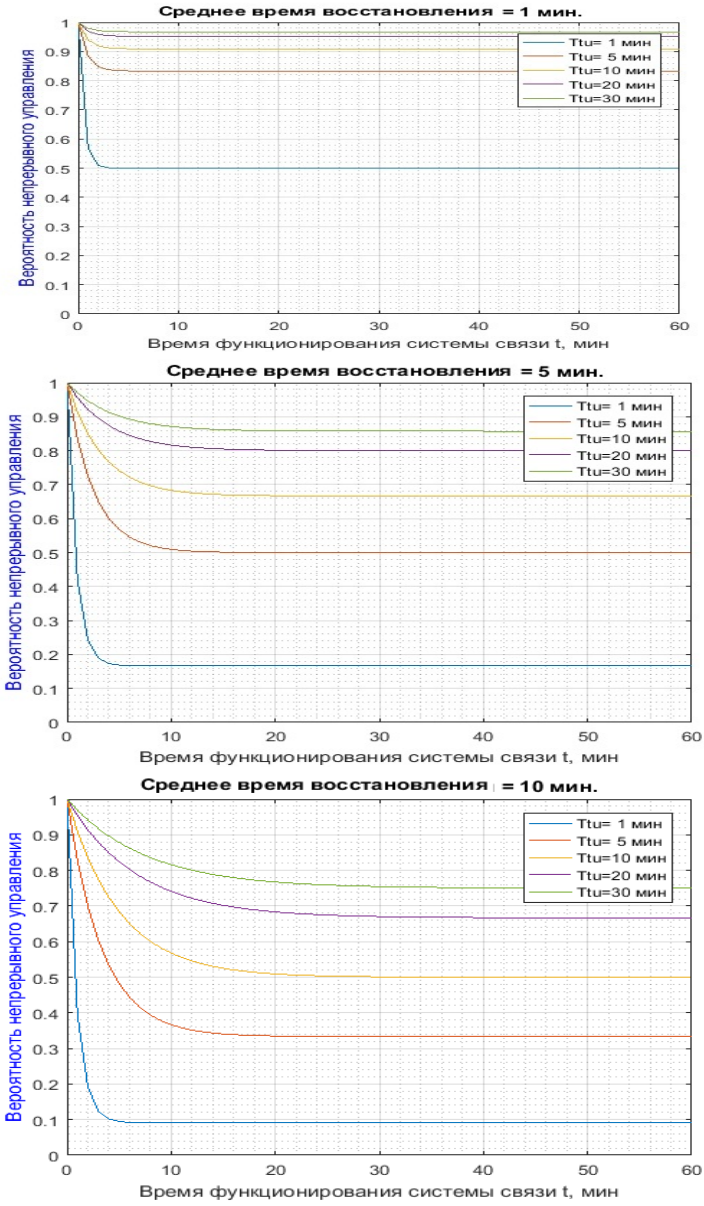


Рис. 2. Зависимость $P_{ну}(t)$ от $T_{пр}$ и $T_{в}$

Наглядно видно, что с увеличением среднего времени между интервалами потери управления график отражающий вероятность непрерывности управления стремится к 1, а в случае увеличения среднего времени восстановления, напротив, резко снижается и показывает потерю управления по причине неготовности системы связи. Полученные данные могут быть использованы в качестве исходных для оценки параметров системы связи в целях обеспечения процесса управления с требуемым качеством.

Заключение

Таким образом, применение интерактивной среды программирования MATLAB позволяет опираясь на результаты графически отражаемые средой компьютерного моделирования дать характеристику параметрам модели и осуществить прогноз ее поведения в рассматриваемом периоде времени.

2. Список литературы

1. Алтухов П. К. Основы теории управления войсками / П. К. Алтухов, И. А. Афонский, И. В. Рыболовский, А. Е. Татарченко [и др]; Под ред. П. К. Алтухова. – М. : Воениздат, 1984. – 221 с.

2. Ревинская О. Г. Основы программирования в Matlab / О. Г. Ревинская. – СпБ: БХВ-Петербург, 2016. – 208 с.

Разработка алгоритмического обеспечения системы стабилизации высоты беспилотного летательного аппарата

В. Г. Бондарев, email: dimkaao@yandex.ru,
Д. В. Лопаткин, М. С. Шобонов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Аннотация. В работе рассмотрено решение научно-технической задачи автоматизации полета беспилотного летательного аппарата типа конвертоплан в режиме стабилизации высоты. В качестве измерительной системы используется оптико-электронная система технического зрения. В качестве вычислительной платформы используется микрокомпьютер Jetson Nano, язык для разработки программного обеспечения – C++.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, вертикальный взлёт и посадка, стабилизация высоты, система технического зрения.*

Введение

В настоящее время в крупномасштабных боевых действиях и локальных вооруженных конфликтах для выполнения операций наиболее часто используются воздушные суда, которые действуют как в одиночном порядке, так и в составе групп самолетов, вертолетов и беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) [1, 2].

Техническая реализация пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов крайне сложна и во многом определяет их тактико-технические возможности и характеристики. И именно для решения задачи, от которой зависит увеличение области автономности применения боевых комплексов с беспилотными летательными аппаратами, и предстоит продолжать вести исследования в сфере разработки средств и схем обеспечения автоматического полета.

Темпы развития средств радиоэлектронной борьбы и успехи исследований и разработок в этом направлении сильно затрудняют возможность использования радиотехнических средств в целях осуществления режима маловысотного полета в военной авиации, поэтому создание и использование оптико-электронного комплекса,

© Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Шобонов М. С., 2021

осуществляющего режим маловысотного полета видится чрезвычайно актуальной задачей.

Радиотехнические системы маловысотного полета могут обеспечить полет на высоте десятки – сотни метров, причем ограниченной конфигурации. Предотвращение столкновения с землей или препятствиями обеспечивается только для больших высот (t > 20 сек), при этом маневр от столкновения совершается путем изменения высоты полета [3].

Предлагаемая оптоэлектронная система технического зрения предназначена для обеспечения автоматического полёта воздушного судна в режимах «стабилизация высоты», «висения» и «посадка» на неподготовленные площадки

Благодаря высокой измерительной точности система обладает следующими достоинствами:

1. автоматическая стабилизация предельно малых высот полета (0…10 м);
2. автоматическая посадка на необорудованные площадки;
3. автоматическое огибание рельефа;
4. устойчивая работа в условиях радиоэлектронных помех.

2. Работа системы

Работа системы осуществляется в трёх режимах:

– режим стабилизации высоты.
– режим посадки;
– режим висения.



Рис. 1. Схема работы системы стабилизации высоты

– Режим стабилизации высоты обеспечивает автоматический полёт на заданной высоте.

– Режим посадки обеспечивает автоматическую посадку на необорудованные площадки.

– Режим висения обеспечивает автоматическую стабилизацию высоты при нулевой скорости.

Для полета в режиме стабилизации высоты в автоматическом режиме предлагается использовать оптоэлектронную систему [1], включающую: комплект одного лазерного инфракрасного излучателя диапазона 1,55 мкм; бортовую цифровую фотокамеру диапазона 0.9…1,7 мкм с вариообъективом (объектив с изменяемым фокусным расстоянием) и узкополосным (1,55 мкм) фильтром; цифровой вычислитель с алгоритмическим обеспечением, позволяющим осуществлять поиск, захват, распознавание и сопровождение ИК-ориентира.

Алгоритм работы системы основан на следующей последовательности действий [4]:

1. обработке изображения подстилающей поверхности и определении координат точек, связанных с очертаниями рельефа местности на фоточувствительной матрице цифровой фотокамеры;
2. вычислении координат точек рельефа относительно БпЛА;
3. формирования безопасной траектории полета (заданной);
4. вычислении отклонения текущего положения от заданного, с последующим формированием управляющих воздействий в каналах системы автоматического управления.

Здесь же следует отметить, что наиболее приемлемым для работы в ночных и сложных метеоусловиях является диапазон 1,55 мкм, в этом случае работа системы может быть существенно улучшена применением подсветки посредством импульсного лазера с широким пучком излучения, синхронизированного с фотоэкспозицией фотокамеры.

Важной составляющей при решении этой задачи является алгоритмическое обеспечение системы технического зрения, основанное на решении задачи счисления координат ВС по видеопоследовательностям изображений земной поверхности, а также реализация метода динамической трангуляции. Последнее обстоятельство обеспечивает съем 3-D рельефа подстилающей поверхности, что открывает возможность реализации корреляционно-экстремального метода навигации при наличии цифровых карт.

В качестве вычислительной платформы был выбран микрокомпьютер Jetson Nano. Представляя собой модуль размером

70 мм х 45 мм, данное устройство является самым компактным устройством в своей линейке.

3. Разработка программного обеспечения

При разработке требуемого программного обеспечения были выдвинуты следующие принципы, которых необходимо придерживаться для достижения поставленных целей:

– контроль за использованием программой памяти;

– контроль за использованием программой вычислительных ресурсов микрокомпьютера;

– прямое управление устройством видеокамеры;

– свобода в выборе возможных к использованию паттернов программирования в рамках одной программы, в том числе для разных программных модулей.

В связи с тем, что основной задачей на данный момент считается работа с видеокамерой и обработка изображений, полученных с её помощью, выбор языка программирования осуществлялся из списка языков, которые наиболее часто используются в данной научной области, а именно из Python и C++. Другие языки хоть и имеют уже реализованные необходимые библиотеки либо биндинги к ним, но при этом достаточно непопулярны и в будущем возможна проблема с поддержкой кода в связи с недостатком в квалифицированных кадрах, обладающих требуемыми знаниями конкретных языков и имеющих необходимые умения [3].

Сперва кажущаяся сложность в написании программ на C++ и высокий порог вхождения компенсируются обширными возможностями, которые предоставляет язык и средства разработки на нем.

Реализованный программный продукт на данный момент работает в 4 этапа:

1. Получение изображения с видеокамеры и предварительная его обработка.
2. Нахождение на подготовленном изображении инфракрасной метки летательного аппарата.
3. Вычисление текущего значения высоты.
4. Вычисление управляющего сигнала для передачи на автопилот, необходимого для стабилизации заданной высоты.

Про первый и второй пункты стоит упомянуть, что выполнение данных задач происходит с использованием такой библиотеки как OpenCV, которая предоставляет обширный набор функций, реализующих оптимизированные алгоритмы для обработки изображений, а также алгоритма субпиксельной обработки, который

позволяет определять центр изображения инфракрасной метки с точностью 1/200 пикселя.

Заключение

Для практической реализации системы разработано алгоритмическое и программное обеспечение, создан экспериментальный образец БпЛА типа квадрокоптер, произведены наземные и лётные испытания системы на режимах взлёта, висения и посадки, изображенные на рисунке 2.

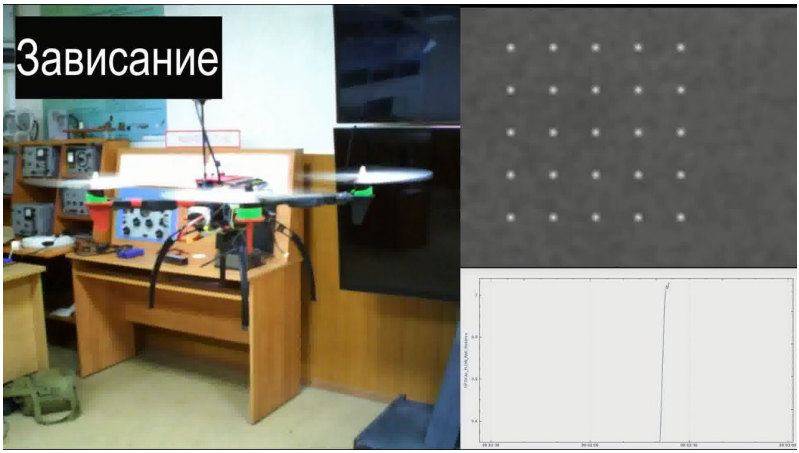


Рис. 2. Экспериментальный образец системы

Режим стабилизации высоты обеспечивает автоматический полёт на заданной высоте. Результаты исследований показали, что система обеспечивает заданную точность

Список литературы

1. Бондарев В. Г., Ипполитов С.В., Лопаткин Д.В., Монгуш Д. С. Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик конвертоплана СОМ-93. XVII Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы», 14-15 февр. 2019 г.: / редкол.: А. В. Борисов [и др.]. – Воронеж: ВГУ, 2019. – Т. II. – С. 306-311.

2. Верба В.С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов с БЛА. Монография. – М.: Радиотехника, – 2016. – 512 с.

3. Молчалов А.С. Иконические системы воздушной разведки. Основы построения, оценка качества и их применение в

комплексах с БЛА / Молчалов А.С., Абрамов Д.В. – Волгоград : Панорама, – 2017. С. 45-62.

4. Пат. 2626017 Российская Федерация, МПК51 G 01S 13/46. Способ навигации подвижного объекта [Текст] / Кудаев А.Н., Косенко А.А., Бондарев В.Г., Ипполитов С.В., Озеров Е.В., Лопаткин Д.В. (РФ); заявители и патентообладатели ВУНЦ ВВС «ВВА». – № 2016130484; заявл. 25.07.16. – 7 с.

Оценка способов взаимодействия отделов головного мозга на основе данных электроэнцефалограммы

С. В. Борзунов, e-mail: sborzunov@gmail.com
Я. А. Туровский, email: yaroslav_turovsk@mail.ru
Е. А. Киселев

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматриваются применение методов корреляционного анализа зашумленных сигналов для решения задачи выявления взаимодействия отделов головного мозга и, как следствие, получения возможности построения нейронных сетей мозга.*

Ключевые слова: *корреляция, белый шум, корреляционный анализ, электроэнцефалограмма.*

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-29-01156_мк.

Введение

В настоящее время значительный интерес представляют исследования связанные с оценкой т.н. нейронных сетей мозга. Данная междисциплинарная задача подразумевает получение характеристик активности головного мозга на основе взаимодействия его отделов, формирующих сети для различных ситуаций функционирования. Анализ подобной активности помимо очевидной нейрофизиологической компоненты требует как разработки новых, так и совершенствования уже существующих алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС), имеющих прикладную медицинскую направленность. Особенность этого сегмента ЦОС заключается в том, что помимо математической компоненты высоки требования к содержательной, физиологической интерпретации, полученных данных, позволяющих делать выводы относительно нейромеханизмов функционирования мозга.

Одним из методов анализа связи отделов мозга, завоевавших большую популярность в области нейроисследований является корреляционный анализ. Широкий набор подходов под этим названием включает не только классические подходы основанные на статистических коэффициентов корреляции, различные варианты кросс-спектрального анализа, но и целый ряд нелинейных решений. Тем не

© Борзунов С. В., Туровский Я. А., Киселев Е. А., 2021

менее, междисциплинарный подход требует исследования ряда моделей сигналов позволяющих детализировать представление и интерпретацию показателей корреляции применительно к задачам нейрофизиологии.

В свете сказанного выше актуальным представляется моделирование результатов статистического корреляционного анализа для типовых случаев взаимодействия отделов мозга, зарегистрированных электроэнцефалографическими методамии.

К таковым случаям следует отнести следующие:

1. Наличие в зарегистрированном сигнале аддитивного «шума» разной амплитуды и с различными спектральными характеристиками.
2. Наличие фазового сдвига между двумя сигналами.
3. Наличие инвертированных последовательностей мгновенных амплитуд в временном домене

2. Корреляция двух сигналов в условиях белого шума

Рассмотрим два гармонических сигнала с одинаковыми частотами, и пусть на сигналы на наложен белый шум различной амплитуды:

$f(t) = A_1 \sin(\omega t) + N_1 s(t)$ и $g(t) = A_2 \sin(\omega t) + N_2 s(t)$.

Здесь N_1, N_2 – амплитуда шума, аддитивно накладывающегося на первый и второй сигнал соответственно.

Вычислим коэффициент корреляции C этих функций. По определению имеем:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{N} f_i g_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} f_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{N} g_i^2}},$$

где N – число отсчетов, которое предполагающееся общим для f и g. Пользуясь свойствами белого шума $s(t)$ и переходя к дисперсиям заданных сигналов, получаем:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{N} (a_{1i} + N_{1i})(a_{2i} + N_{2i})}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} f_i^2}{N}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} g_i^2}{N}} N} = \frac{D(fg)}{\sqrt{D(f) D(g)}}.$$

Как известно, дисперсия суммы двух случайных величин выражается через сумму дисперсий каждой из них и удвоенный корреляционный момент: $D(A+S) = D(A) + D(S) + 2K_{AS}$ [1]. В силу этого

$$C = \frac{D(fg)}{\sqrt{D(f)D(g)}} = \frac{A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 + N_1^2}\sqrt{A_2^2 + N_2^2}}$$

или

$$C = \frac{A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 + N_1^2}\sqrt{A_2^2 + N_2^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1+\eta_1^2\right)\left(1+\eta_2^2\right)}}$$

где A_1 , A_2 – амплитуды сигналов, N_1 , N_2 – амплитуды шума, η_1 , η_2 – отношение шум/сигнал для f и g соответственно. Получено простое аналитическое выражение для коэффициента корреляции сигналов при наличии белого шума.

На рис. 1 представлены трехмерный график и контурная карта коэффициента корреляции.

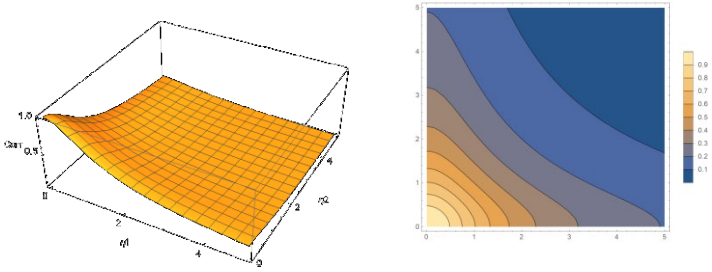


Рис. 1. Коэффициент корреляции гармонических сигналов в условиях наложенного белого шума

По горизонтальным осям отложено отношение шум/сигнал η_1 , η_2 для двух сигналов. Как хорошо известно, чтобы проверить нулевую гипотезу о равенстве нулю генерального коэффициента корреляции нормальной двумерной случайной величины (при конкурирующей гипотезе $C \neq 0$), требуется вычислить значение критерия

$$T = C\sqrt{\frac{N-2}{1-C^2}}$$

и сравнить с критической точкой распределения Стьюдента с числом степеней свободы, равным N-2. Если выполняется неравенство $|T| > t_{cr}$, то нулевую гипотезу отвергают. Удобно использовать табличные данные (см. табл. 1) [2, 3].

Таблица 1

Критические значения корреляции Пирсона

N-2	p=0.05	p=0.01
5	0.75	0.87
6	0.71	0.83
7	0.67	0.80
8	0.63	0.77
9	0.60	0.74
10	0.58	0.71
20	0.42	0.54
50	0.27	0.35
100	0.20	0.25
200	0.14	0.18
300	0.11	0.15
400	0.10	0.13
500	0.09	0.12

Обратимся к задаче о коэффициенте корреляции гармонических сигналов произвольных частот. Рассмотрим два сигнала, заданных на некотором отрезке $[0, L]$:

$$f_1(t) = A\sin(\omega_1 t + \delta_1), \qquad f_2(t) = B\sin(\omega_2 t + \delta_2).$$

3. Общий случай

Коэффициент корреляции, как можно показать непосредственным вычислением, равен

$$r = \frac{1}{\sigma_1 \sigma_2}(\lambda - m_1 m_2).$$

Введены следующие обозначения:

$$m = \frac{\cos\delta - \cos(\omega L + \delta)}{\omega L},$$

$$\lambda = \frac{\sin(\delta_1 - \delta_2) - \sin((\omega_1 - \omega_2)L + \delta_1 - \delta_2)}{2L(\omega_2 - \omega_1)} +$$

$$+ \frac{\sin(\delta_1 + \delta_2) - \sin((\omega_1 + \omega_2)L + \delta_1 + \delta_2)}{2L(\omega_2 + \omega_1)}.$$

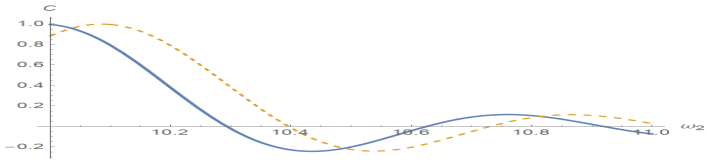
Заметим, что в предельном случае, когда длина сигналов L достаточно велика и выполняется условие $\left|L(\omega_2 - \omega_1)\right| >> 1$, то $r \approx 0$.

4. Случай равных частот

В случае выполнения условия равенства частот $\omega_1 = \omega_2 = \omega$, общая формула неприменима, и необходимо воспользоваться предельным переходом:

$$\lambda = \frac{1}{2}\cos(\delta_1 - \delta_2) + \frac{\sin(\delta_1 + \delta_2) - \sin(2\omega L + \delta_1 + \delta_2)}{4\omega L}.$$

Если при этом ωL >>1, то $r \approx \cos(\delta_1 - \delta_2)$ (см. рис. 2.).



$d_1 = 0$, $d_2 = 0.1$, $L = 10$, $\omega_2 = 10$ *(сплошная кривая),*

$\omega_2 = 10.1$ *(пунктирная кривая)*

Рис. 2. Коэффициент корреляции гармонических сигналов в зависимости от ω_2

Заключение

Задача построения и дальнейшего анализа нейронных сетей мозга требует разработки и совершенствования математических моделей «близости» электрических сигналов биомедицинской природы. Существенным требованием к такого рода математическим моделям является отражение характерных особенностей предметной области. Рассмотренные методы оценки корреляции модельных сигналов могут послужить основой для построения более совершенных нелинейных моделей взаимодействия отделов центральной нервной системы человека.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-29-01156_мк.

Список литературы

1. Вентцель А. Д. Курс теории случайных процессов. – 2-е изд., доп. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 399 с.

2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 1972. – 368 с.

3. Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 1999. – 459 с.

Особенности разработки БИХ-фильтра для системы на кристалле

Д. Н. Борисов, e-mail: borisov@sc.vsu.ru
В. М. Солодухин, e-mail: solodyxin.1997@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности проектирования БИХ-фильтра на системе-на-кристалле 1892ВМ14Я НПЦ ЭЛВИС. Произведена оценка производительности процессора MCom-02 в тесте при реализации ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка.*

Ключевые слова: *RISC процессор, DSP-ядра, БИХ-фильтр.*

Введение

Научно производственный центр электронные вычислительно-информационные системы (НПЦ «Элвис») является одним из немногих на Российском рынке, осуществляющий разработку и изготовление микропроцессорной техники, ряду изделий которого присвоен статус отечественных микросхем первого и второго уровня, что в условиях импортозамещения позволяет использовать их в оборонной промышленности РФ.

В работе рассматривается система-на-кристалле (или сокращенно СнК) на базе собственной платформы проектирования НПЦ «Элвис» – «Мультикор». Процессоры серии «Мультикор» – это однокристальные программируемые многопроцессорные СнК, созданные на базе библиотеки IP [1] – ядер платформы Мультикор.

Процессоры данной серии позволяют сочетать в себе качества двух классов приборов: цифровых процессоров обработки сигналов и микроконтроллеров, что позволяет одновременно решать несколько задач: контроля и высокоточной обработки информации.

В данной работе рассматривается особенности работы с DSP кластером семейства «Мультикор» – процессором 1892ВМ14Я [2] («Мультиком-02», MCom-02), особенности разработки ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка с данным СнК.

1. Система на кристалле и ее особенности

Микропроцессор «Мультиком-02» (MCom-02, 1892ВМ14Я) является 6-ядерным сигнальным микропроцессором с пониженным

© Борисов Д. Н., Солодухин В. М., 2021

энергопотреблением созданным для связных, мультимедийных, навигационных, а также встраиваемых мобильных приложений.

Микросхема изготовлена по КМОП-технологии с минимальными топологическими размерами элементов равным 40 нм.

Микроконтроллер обладает несколькими основными модулями:

– стандартным управляющим процессором представленный сдвоенным процессорным ядром – Dual CORTEX-A9 (CPU 0-1) с FPU-акселератором и NEON SIMD-акселератором (ARM);

– DSP-кластером [3] на основе двух DSP-ядер ELcore-30M [4] с полной программной совместимостью с микросхемами 1892ВМ10Я и 1892ВМ15АФ.

Кластер DSP представляет собой двухпроцессорную MIMD (multiple instruction, multiple data) систему. Каждое DSP ядро имеет в наличии собственную программную память и может работать независимо от остальных ядер. На верхнем уровне DSP-кластера имеется набор общих для всего кластера регистров управления и состояния.

Для синхронизации работы DSP ядер в кластере имеется в наличии два механизма: механизм прерываний и механизм обменов через XBUF в синхронном режиме. Каждое DSP ядро может формировать прерывание для любого другого ядра в кластере, используя соответствующие регистры. Ядро, получившее прерывание, переходит в состояние «выполнения» (RUN), причем, если оно было остановлено, то исполнение подпрограммы начинается с адреса, который хранится в специальном регистре этого ядра [5].

Для оперативных обменов данными между CPU, DSP0 – DSP1 в составе DELcore-30M имеется буфер обмена XBUF, состоящий из 32-х 64-разрядных регистров X0-X31, доступных для записи и чтения для всех процессорных ядер. Буфер обмена XBUF представляет собой многопортовую память и позволяет одновременное чтение одной и той же ячейки со стороны более одного абонента – CPU, DSP0 – DSP1. При одновременном запросе на запись в одну и ту же ячейку приоритет в первую очередь отдается CPU, затем – DSP0, и в последнюю очередь – DSP1. Обменный буфер может работать как в обычном режиме, так и в синхронном режиме, причем в обычном режиме при обмене данными через буфер блокировка чтение/запись не задействуется.

В синхронном режиме для конкретного регистра XBUF [5] обязательно должны чередоваться операции чтения и записи. Если какое-либо ядро пытается осуществить запись, то после выполнения операции чтения/записи – оно блокируется. Обмен через XBUF в синхронном режиме является дополнительным программным способом

синхронизации ядер DSP. Программная память и память данных кластера DSP физически организована как двухпортовая. По одному порту производятся внешние обращения от RISC ядра и контроллеров DMA, по другому порту производятся обращения от ядер DSP. Такая организация позволяет производить бесконфликтный фоновый обмен данными между памятью кластера DSP и внешними устройствами.

2. Проектирование фильтра

Проектирование ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка и генерация коэффициентов проводилась с использованием средства Filter Design and Analysis Toolbox (проектирования и анализа фильтров) MATLAB. Использовалась частота дискретизации 8400 Гц и частота среза 50 Гц. На рис. 1 представлены АЧХ и ФЧХ разрабатываемого фильтра.

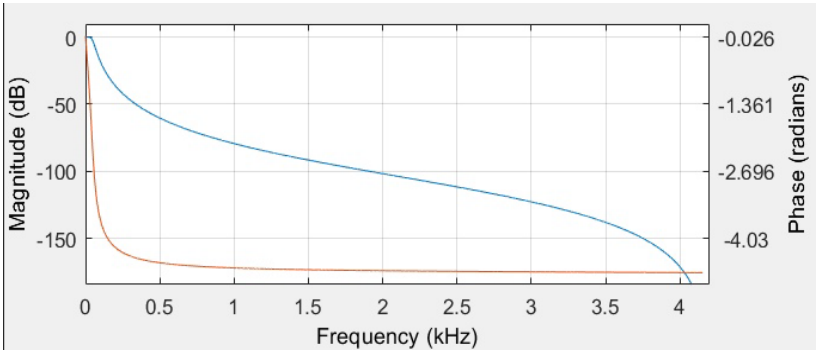


Рис. 1. Графики АЧХ (синий) и ФЧХ (оранжевый) фильтра

Рассчитанные коэффициенты фильтра представлены на рис. 2.

```
Num:
0.000006301299621181513574950678463482134
0.000018903898863544541571884982644746742
0.000018903898863544541571884982644746742
0.000006301299621181513574950678463482134
Den:
1
-2.925204528808932114003482638509012758732
2.853180108439186568602963234297931194305
-0.927925169233285163095104053354589268565
```

Рис. 2. Коэффициенты ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка

3. Программная реализация фильтра

Программная реализация БИХ-фильтра осуществлялась для СнК «Мультиком-02», которая реализуется в виде набора отладочного модуля Салют-ЭЛ24Д1 и процессорного модуля Салют-ЭЛ24ОМ1 (НПЦ «ЭЛВИС»). Для программирования используется проприетарная среда (IDE) MCStudio4, построенная на основе свободной интегрированной среды разработки Eclipse, совместно с эмулятором MC-USB-JTAG, использующий JTAG-порт СнК.

Особенностью построения программ для СнК заключается в необходимости программирования DSP-ядер, код для которого пишется на ассемблере, и программирования RISC процессора, код для которого код пишется на языке С. Данная особенность построения кода связана с архитектурой СнК: CPU является управляющим звеном, но для того чтобы использовать DSP-ядро (ядра) необходимо из программы написанной на языке С обращаться к соответствующим регистрам DSP-ядра, используя функции прерывания, останавливающие (запускающие) работу ядер.

При реализации БИХ-фильтров для системы на кристалле «Мультиком-02» используются регистр DCSR и регистр SR [6], которые отвечают за состояние ядер (в регистре SR первые 7 разрядов регистра доступны для чтения, остальные для записи).

После инициализации базовых регистров, используются коэффициенты фильтра, полученные на стадии проектирования в Matlab. Коэффициенты задаются в виде массива чисел с плавающей точкой, причем количество элементов массивов, формируется таким образом, чтобы он был кратен 2, для корректного выделения памяти.

Для эффективного взаимодействия с DSP ядром используется либо регистр памяти XBUFF, либо переменные, объявленные в файле ассемблера.

DSP процессоры всегда отличались своей высокой скоростью работы и особыми расширенными наборами команд для достижения максимальной производительности. DSP модуль СнК MCom-02 предоставляет возможность помимо использования специфических команд для вычислительных операций, также использовать параллельные команды, позволяющие выполнять более двух операций за одну инструкцию: две вычислительные операции и две операции пересылки. Но при этом для выполнения параллельных команд накладывается ограничение: его использование возможно только для работы на разных устройствах. В результате нельзя выполнить две операции сложения за одну инструкцию, так как они выполняются на одном арифметико-логическом устройстве. Поэтому при выполнении

операции свертки (как наиболее востребованной при реализации фильтрации) используется одновременное выполнение операции сложения и умножения с использованием пересылки в адресный регистр.

Чтобы оценить эффективность (по времени) реализации ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка по окончании работы фильтра подсчитаем количество тактов работы DSP-ядра.

В листинге 1 представлена программа расчета времени вычисления коэффициентов ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка в пакете Matlab.

Листинг 1

Расчет времени вычисления коэффициентов фильтра в Matlab

```
Num = [
    0.000006301299621181513574950678463482134,...
    0.000018903898863544541571884982644746742,...
    0.000018903898863544541571884982644746742,...
    0.000006301299621181513574950678463482134]
Den = [     1,...
    -2.925204528808932114003482638509012758732,...
     2.853180108439186568602963234297931194305,...
    -0.927925169233285163095104053354589268565,...]
x = [1, zeros(1,2047)];
tic;
y = filter(Num, Den, x);
toc
plot(y, 'r'); grid on; axis tight;
```

Время вычисления коэффициентов ФНЧ фильтра составляет t = 0.000154 секунды.

Для вычисления времени расчета коэффициентов ФНЧ фильтра на DSP-ядре вычислим тики работы с помощью соответствующего регистра. Для того что бы оценить время работы в секундах необходимо учитывать тактовую частоту процессора, которая составляет 720 МГц при рабочей нагрузке.

В листинге 2 и 3 представлены программы для оценки времени вычисления коэффициентов ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка в, написанных на языке С для RISC-процессора и на языке ассемблер для DSP-ядра соответственно.

Количество тиков при расчете коэффициентов ФНЧ фильтра (при многократном запуске программы) составляет в среднем 10500, что в итоге примерно равно t = 0.00001458 секундам.

Листинг 2

Фрагмент кода вычисления временных затрат для расчета коэффициентов фильтра на языке С под RISC

```
extern volatile float Out;
void filter(float* input, float* output, int length, float
B[], float A[])
{      b0 = B[0];
       b1 = B[1];
       b2 = B[2];
       b3 = B[3];
       _a0 = A[0];
       _a1 = A[1];
       _a2 = A[2];
       _a3 = A[3];
       PC(0) = ((unsigned int)&Reset_DSP- 0x3a600000) >> 2;
       DCSR(0) = 0x4000;
       unsigned int startupPointer = ((unsigned
int)&Start_DSP- 0x3a600000) >> 2;
       for (int i = 0; i < length; i++)
       {       In = input[i];
               //Run DSP core
               PC(0) = startupPointer;
               DCSR(0) = 0x4000;
               while (!(QSTR_DSP & (1 << 3)));
               output[i] = Out;      }  }
int main()
{   DCSR(0) = 0;
    SR(0) = 0;
    int length = 256 * 2 * 4;
    float B[] =
    {         0.00000630129962118151,
              0.0000189038988635445,
              0.0000189038988635445,
              0.00000630129962118151   };
    float A[] =
    {         1,
              -2.92520452880893,
              2.85318010843919,
              -0.927925169233285   };
    float signal[length];
    float result[length];
     for(int i = 0; i < length; i++)
    { signal[i] = 0;
      result[i] = 0;   }
    signal[0] = 1;
    TOTAL_CLK_CNT = 0;
    filter(signal, result, length, B, A);
    int dspRunTicks = TOTAL_RUN_CNT;
    int dspTotalTicks = TOTAL_CLK_CNT;
    int ticksCPU = utimer_tics_get(0);  }
```

Листинг 3

Фрагмент кода вычисления временных затрат для расчета коэффициентов фильтра на ассемблере под DSP

```
Reset_DSP:
            MOVE     0, R6.L
            MOVE     0, R8.L
            MOVE     0, R10.L
            MOVE     0, R12.L
       STOP
Start_DSP:
            MOVE In, A0
            MOVE b0, A1
            MOVE _a0, A2
            MOVE (A0), R0.L ; Input
            MOVE (A1), R2.L ; B0
            MOVE (A2), R4.L ; A0
            FMPY R0.L, R2.L, R6.L
            MOVE b1, A1
            MOVE _a1, A2
            MOVE (A1), R2.L ; B1
            FMPY R0.L, R2.L, R14.L FADD R8.L, R6.L   (A2),
R4.L ; A1
            FMPY R6.L, R4.L
            FSUB R4.L, R14.L, R8.L
            MOVE b2, A1
            MOVE _a2, A2
            MOVE (A1), R2.L ; B2
            FMPY R0.L, R2.L, R14.L FADD R10.L, R8.L (A2), R4.L
; A2
            FMPY R6.L, R4.L
            FSUB R4.L, R14.L, R10.L
            MOVE b3, A1
            MOVE _a3, A2
            MOVE (A1), R2.L ; B3
            FMPY R0.L, R2.L, R14.L FADD R12.L, R10.L (A2),
R4.L ; A3
            FMPY R6.L, R4.L
            FSUB R4.L, R14.L, R12.L
            MOVE _a0, A2
            MOVE (A2), R4.L
            MOVE Out, A2
            MOVE (A2), R14.L
            FMPY R4.L, R6.L, R14.L
            MOVE R14.L, (A2)
        STOP
 .data
In:  .real 0
b0:  .real 0
b1:  .real 0
b2:  .real 0
b3:  .real 0
```

Окончание листинга 3

```
_a0: .real 0
_a1: .real 0
_a2: .real 0
_a3: .real 0
Out: .real 0
.end
```

Полученные оценки времени расчета коэффициентов фильтра показали, что эффективность работы фильтра на DSP-ядрах системы-на-кристалле на порядок выше, чем с использованием унифицированных средств разработки (например, таких как Matlab).

Заключение

В работе рассматривались особенности проектирования БИХ-фильтра на системы-на-кристалле 1892ВМ14Я НПЦ ЭЛВИС. Произведена оценка производительности процессора MCom-02 в тесте для реализованного ФНЧ фильтра Баттерворта 3-го порядка в сравнении со временем расчетов в среде Matlab, которая показала значительное превосходство по эффективности использования системы-на-кристалле 1892ВМ14Я.

Список литературы

1. Baer, J. Microprocessor Architecture: From Simple Pipelines to Chip Multiprocessors / J. Baer. – Cambridge : Cambridge University Press, 2009. – 382 p.

2. Микросхема интегральная 1892ВМ14Я [Электронный ресурс]: Руководство пользователя – Режим доступа: https://multicore.ru/mc/data_sheets/Manual_1892VM14YA.pdf

3. DSP-кластер DELcore-30M. Архитектура [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа: https://multicore.ru/mc/data_sheets/Manual_DELcore-30M_031210.pdf

4. DSP-Ядро Elcore-30M. Система инструкций [Электронный ресурс]: Руководство пользователя.– Режим доступа : https://multicore.ru/mc/data_sheets/Manual_App1_DELcore-30M.pdf

5. Уильямс, Г. Отладка микропроцессорных систем / Г. Уильямс. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 253 с.

6. Иванова, В. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Иванова, А. Тяжев. – Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. – 253 с.

Методика анализа ошибок обнаружения грозовых разрядов

Д. В. Булгин, email: d.bulgin77@yandex.ru
К. А. Зубрилин, В. С. Волков

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В статье предлагается методика оценки эффективности грозопеленгации, основанная на анализ ошибок обнаружения грозовых разрядов по методу идеального наблюдателя.*

Ключевые слова: *Грозовой разряд, грозопеленгация, идеальный наблюдатель.*

Введение

В настоящее время для прогнозирования состояния атмосферы Земли необходимо знать ее характеристики не только в приземном слое, но и на различных высотах, в различные моменты времени. Особое место занимает прогноз опасных для авиации явлений погоды, среди которых особое место занимает грозовая деятельность. Процессы молниеобразования сопровождают многие опасные атмосферные явления и процессы: конвективная облачность внутримассового и фронтального характера, циклоны тропических и умеренных широт. Грозовая деятельность в атмосфере является показателем не только существенного преобразования энергии атмосферы, но и предшествует опасным явлениям погоды [1-3]. Таким образом, информация об электрическом состоянии атмосферы приобретает важную роль.

Грозопеленгация предполагает обнаружение грозовых разрядов и определение их местоположения. Соответственно оценка эффективности грозопеленгации может быть условно разделена на две составляющих: анализ ошибок обнаружения грозовых разрядов и точности определения местоположения. В данной работе основное внимание уделено вопросам обнаружения грозовых разрядов с точки зрения анализа ошибок, возникающих при регистрации грозовых разрядов.

1. Модель оценки ошибки обнаружения разрядов и измерения их координат

Вся информация о местоположении грозовых разрядов содержится в электромагнитном излучении, возникающем при разряде. Наряду с

© Булгин Д. В., Зубрилин К. А., Волков В.С., 2021

полезным сигналом от грозового разряда на входе приемного устройства действуют помехи. Они также вызывают ошибки обнаружения разрядов и измерения их координат. В результате процесса обнаружения должно быть принято решение о наличии или отсутствии грозового разряда. Решение может быть принято при двух взаимно исключающих условиях [4-6]:

– условие А1 – «разряд есть»;

– условие А0 – «разряда нет».

Имеется ввиду что при выработке решения эти условия неизвестны. За счет помех и флуктуаций полезного сигнала каждому условию могут соответствовать два вида решений:

– решениеА_1^* – «разряд есть»;

– решение А_0^* – «разряда нет».

Рассмотрим случай наличия полезного сигнала (грозового разряда) на входе приемного устройства (условие А1). Если при этом выдается решение А_1^*, говорят о правильном обнаружении. Если при том же условии выдается решение А_0^*, то имеет место пропуск сигнала. Пропуск сигнала является весьма нежелательной ошибкой обнаружения.

Количественными показателями обнаружения при условии А1 является условные вероятности правильного обнаружения и пропуска сигнала:

$$D = \frac{P(A\_1\Lambda *)}{A\_1}, \tag{1}$$

$$D' = \frac{P(A\_0\Lambda *)}{A\_1}. \tag{2}$$

Поскольку решение А_1^* и А_0^*является взаимоисключающими случайными событиями и соответствуют одному и тому же условию А1, то:

$$D + D' = 1 \tag{3}$$

В случае отсутствия сигнала (условие А0) правильным является не обнаружение, т.е. решение А_0^*. Если за счет воздействия помех выносится решение А_1^*, говорят о ложной тревоге.

Количественными показателями обнаружения при условии А0 являются: вероятность ложной тревоги:

$$F = \frac{P(A\_1\Lambda *)}{A\_0}. \tag{4}$$

И правильного не обнаружения:

$$F' = \frac{P(A\_0\Lambda*)}{A\_0}. \quad (5)$$

Соответственно:

$$F + F' = 1. \quad (6)$$

В соответствии с введенными определениями (1) и (4) разработчики средств обнаружения стремятся максимально повысить вероятность правильного обнаружения D и снизить вероятность ложной тревоги F. Как правило, указанные вероятности D и F существенным образом зависят от порога обнаружения. С качественной точки зрения можно сказать, чем выше порог обнаружения, – тем меньше вероятность ложной тревоги, но в то же время и ниже вероятность правильного обнаружения.

В радиолокации известны несколько методов оптимизации процесса обнаружения. Наиболее общим является байесовский критерий минимального среднего риска [3], при этом необходимо обладать полной априорной информацией о сигнале и помехе.

При неизвестных априорных вероятностях наличия и отсутствия сигнала может быть использован минимаксный критерий [3]. Кроме перечисленных критериев обнаружения широкое применение находит критерий Неймана-Пирсона [3]. Для этого критерия фиксируется вероятность ложной тревоги F и минимизируется вероятность пропуска сигнала D^[3].

Рассмотренные критерии обнаружения достаточно сложены для анализа, требуют большого количества априорной информации и трудно реализуемы на практике.

В этом плане интерес представляет критерий идеального наблюдателя [3]

$$P_e = \frac{1}{2(F + D')}, \quad (7)$$

где P_e – суммарная ошибка обнаружения.

Критерий идеального наблюдателя используется в данной работе для формирования оценки эффективности грозопеленгации.

Учитывая выше сказанное методику оценки эффективности грозопеленгации можно представить в виде следующих этапов:

1. Выбор критерия оптимальности с учетом всех возможных априорных данных относительно полезных сигналов и помех на входе устройства приема.

2. Обоснование модели сигнала и помех.

3. Расчет потенциальны характеристик обнаружения полезного сигнала.

4. Сравнение характеристик обнаружения существующих и проектируемых устройств с потенциальными.

Для того, чтобы оценить эффективность полученного алгоритма обнаружения и предложенной блок-схемы необходимо произвести анализ характеристик обнаружения. Анализ произведен на основе частного случая Байесовского критерия, критерия идеального наблюдения [7]. Приемное устройство, оптимальное по критерию идеального наблюдателя минимизирует суммарную вероятность ошибки обнаружения [7]:

$$P_e = \frac{1}{2(F + \hat{D})} \tag{8}$$

где F – вероятность ложной тревоги, $\hat{D}$ – вероятность пропуска сигнала.

Для квазидетерминированного сигнала вероятности ложной тревоги и пропуска сигнала имеет вид [7]:

$$F = 1 - \Phi(H) \tag{9}$$

где $\Phi_{(x)}$ – интеграл вероятностей, H – порог обнаружения.

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-t^2} dt \tag{10}$$

Анализ формулы (9) показывает, что с ростом порога обнаружения (H) вероятность ложной тревоги (F) стремится к нулю и не зависит от амплитуды сигнала.

Основной интерес представляет поведение вероятности пропуска сигнала $\hat{D}$ в зависимости от отношения сигнал-шум (Z_1). Для анализа эффективности предложенного алгоритма необходимо (9) усреднить по распределению амплитуды (W(a)). Так как вероятность ложной тревоги (F) не зависит от амплитуды сигнала, то, естественно, она останется неизменной:

$$F = 1 - \Phi(H) \tag{11}$$

Минимизируя (8) с учетом (11) находим порог обнаружения:

$$H = \sqrt{2 \ln z_1}; z_1 = d \tag{12}$$

С учетом вышеизложенных преобразований был произведен расчет изменения суммарной вероятности ошибки обнаружения по критерию идеального наблюдателя в зависимости от изменения отношения сигнала шум:

$$P_e = 1 - \frac{1}{2}\left[\Phi\sqrt{2\ln d} + \Phi\left(\frac{d}{R^k} - \sqrt{2\ln d}\right) \right] \qquad (13)$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-t^2} dt$ – интеграл вероятности.

2. Результаты исследования

По формуле (13) был произведен расчет в программе Excel для значений k=1,2; 1,4 и для нормированной дальности R=0,5; 3. Результаты расчетов представлены в таблицах1 и 2 и иллюстрируются кривыми на рисунках 1 и 2.

Таблица 1

Суммарная вероятность ошибки при различных значениях k

D	P	r=0,5	k=1,2
1	0,75565	0,75565	0,75565
2	0,53475	0,53475	0,53475
5	0,5184	0,5184	0,5184
7	0,51225	0,51225	0,51225
10	0,50815	0,50815	0,50815
D	P	r=3	k=1,2
1	0,9487	0,9487	0,9487
2	0,7847	0,7847	0,7847
5	0,76835	0,76835	0,76835
7	0,7622	0,7622	0,7622
10	0,65885	0,65885	0,65885

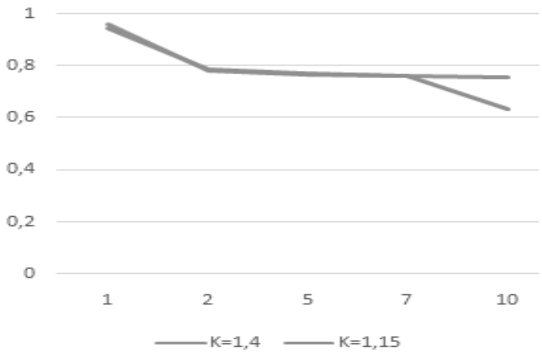


Рис. 1. Зависимость суммарной ошибки обнаружения от отношения сигнала-шум при различных значениях k

По графику 1 видно, что кривые зависят от расстояния до приемной антенны, чем больше расстояние до антенны, тем больше вероятность суммарной ошибки обнаружения сигналов при одинаковых значениях отношения сигнал-шум.

Таблица 2

Суммарная вероятность ошибки при различных значениях $\overline{R}$

D	P	r=3	k=1,4
1	0,9584	0,9584	0,9584
2	0,7847	0,7847	0,7847
5	0,76835	0,76835	0,76835
7	0,7622	0,7622	0,7622
10	0,7581	0,7581	0,7581
D	P	r=3	k=1,15
1	0,94485	0,9584	0,9584
2	0,7847	0,7847	0,7847
5	0,76835	0,76835	0,76835
7	0,7622	0,7622	0,7622
10	0,63225	0,7581	0,7581

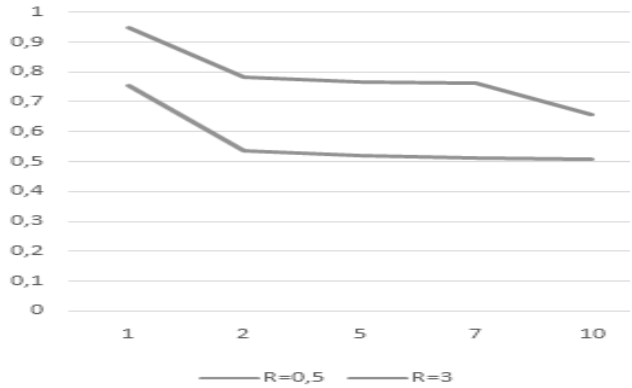


Рис. 2. Зависимость суммарной ошибки обнаружения от отношения сигнала-шум при различных значениях $\overline{R}$

По графику 2 можно сделать вывод: кривые суммарной вероятности ошибки обнаружения практически не зависят от типов грозовых разрядов по классификациям Тейлора при значениях отношения сигнала- шума до 8. В то же время с увеличением отношения сигнала-шум больше 8 вероятность ошибки обнаружения грозового разряда типа 1 уменьшается, тогда как сигнала типа 2 она существенно не изменяется.

Заключение

Таким образом, представленная в работе методика анализа ошибок обнаружения грозовых разрядов имеет большую эффективность обнаружения различных типов грозовых разрядов. Регистратор, реализующий данный алгоритм, позволит повысить качество метеорологического обеспечения безопасности полетов.

Список литературы

1. Билетов М. В., Тищенко А. И., Кузнецов И. Е. Радиолокационная метеорология // Военное издательство 2008. – 258 с.

2. Степаненко В. Д., Гальперин С. М. Радиотехнические методы исследования гроз. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 204 с.

3. Гальперин С. М., Щукин Г. Г. Обнаружение электроактивных зон в облаках с помощью радиотехнических средств// Прикладная метеорология. Сб. трудов НИЦ ДЗА. – СПб: Гидрометеоиздат, 2001. – С. 123-131.

4. Файзулин Н.А., Семагин Б.В., Панюков А.В. К построению однопунктовых систем местоопределения гроз в ближней зоне,

учитывающих поляризационные ошибки// Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОВР – 1987. – Вып.7. – С. 60-64.

5. Грозопеленгатор – дальномер "Очаг-2ПУ С. М. Гальперин, И. И, Кононов, В. И. Кунин и др. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 60 с.

6. Пат 720384 СССЗ, МПК G01S5/16.Однопунктная система местоопределения гроз в ближней зоне/ Н.А. Файзулин, Б.В. Семагин, Н.И. Крохин, А.В. Панюков. – 2575838/18-09; Опубл. 05.03.1890. Бюл.9.

7. Ульшин И.И. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации.– Воронеж: ВВВАИУ (ВИ), 2006. – 158 с.

Построение математической модели автономного гидропривода

А. В. Бутрин, email: gfdhj2013@ya.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе рассмотрены вопросы построения математической модели автономного гидропривода, особенность которого состоит в интегрированной компоновке, объединяющей в себе гидравлический распределитель, аксиально-поршневой насос, электродвигатель, двухкаскадный гидроусилитель, предохранительный клапан и датчики обратной связи. Приведена структурная схема модели, построенной в среде Simulink. Проведён анализ полученных результатов и на его основе сделаны выводы.*

Ключевые слова: *Автономный гидравлический привод, математическая модель, Simulink.*

Введение

В системах управления летательными аппаратами (ЛА) широко используется так называемый автономный гидравлический привод, где все элементы интегрированы в одном устройстве, что избавляет от необходимости устанавливать обширную систему трубопровода и внешнюю насосную станцию. Создание таких приводов мотивировано целым рядом причин, включая уменьшение габаритов или концепцию создания «более электрического ЛА». Такой привод прост в техническом обслуживании, компактный, что является существенным достоинством в малогабаритных ЛА. Однако проектирование систем управления приводом связано с целым рядом специфических трудностей, таких как нестационарность параметров объекта управления в зависимости от температуры, нелинейность и высокий порядок математической модели привода. Для разработки высокоточной системы управления приводом необходимо располагать точной математической моделью.

1. Устройство автономного гидропривода

В данной работе разрабатывается математическая модель автономного гидропривода (АГ) в среде Simulink. В АГ все элементы гидравлической и электрической системы конструктивно объединены в

© Бутрин А. В., 2021

одном устройстве. Структурная схема замкнутой системы управления АГ приведена на рисунке 1.

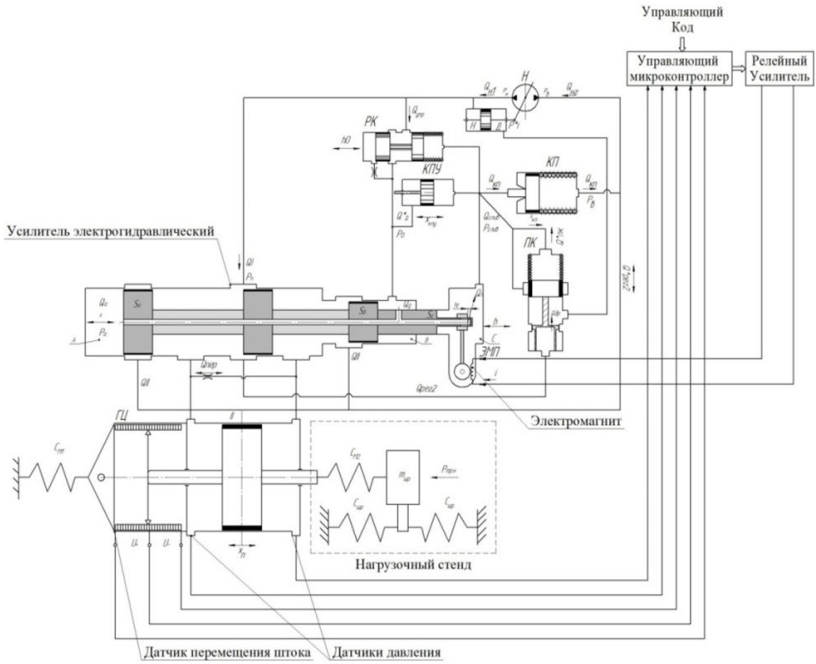


Рис. 1. Структурная схема привода

Конструкция гидропривода содержит двухкаскадный гидроусилитель («усилитель электрогидравлический» – 2 каскад и «ЭМП» – 1 каскад на рисунке 1), насос с регулятором («Н» на рисунке 1), электродвигатель (не показан), датчик обратной связи («датчик перемещения штока» и «датчики давления» на рисунке 1), двусторонний гидроцилиндр («ГЦ» на рисунке 1), предохранительный клапан («ПК» на рисунке 1), компенсационно-поддавливающее устройство («КПУ» на рисунке 1), редукционный клапан («РК» на рисунке 1), упругая нагрузка («нагрузочный стенд» на рисунке 1). В АГ используется насос аксиально-поршневого типа с наклонным диском регулируемой производительности. При увеличении нагрузки на привод выше допустимого значения срабатывает предохранительный клапан, что приводит к отклонению наклонной шайбы и уменьшению расхода рабочей жидкости (РЖ). Управляющий сигнал подаётся на

поляризованный поворотный электромагнит, который в свою очередь отклоняет распределительную втулку первого каскада гидроусилителя. Далее РЖ поступает в одну из двух полостей между распределительным цилиндрическим золотником, где перепад давлений обеспечивает поступательное отклонение последнего на определенную величину, благодаря чему и достигается необходимый перепад давления после прохождения основного потока рабочего тела через этот распределитель, откуда жидкость направляется в одну из двух частей цилиндра, то есть в поршневую или штоковую. Такой распределитель является типичным комбинированным усилительно-преобразующим элементом, в котором золотник второго каскада усиления работает аналогично гидравлическому поршню под управлением первого усилительного каскада, хотя сам является тоже распределительным устройством, а не силовым.

Перемещение штока гидроцилиндра можно отслеживать благодаря механизму обратной связи, реализованной с помощью реечного механизма с пружинным люфтовыбирающим механизмом, который кинематически связан с валом переменного резистора. В том случае, если давление в магистрали будет превышать пределы, откроется специальный предохранительный клапан и тем самым переключит двигатель в режим холостого хода. При исследовании свойств данного привода, к его штоку крепится подпружиненный груз для имитации шарнирной нагрузки.

2. Моделирование гидропривода в среде Simulink

С целью упрощения математической модели всего устройства, рассмотрим его как совокупность трёх активных элементов, каждый из которых описывается своим набором уравнений, которые также могут быть упрощены в зависимости от этапа работ и типа решаемых задач: электромагнита, гидрораспределителя и гидроцилиндра. Также примем определённые допущения. Сжимаемостью рабочей жидкости и её утечками во всех полостях и магистралях пренебрегаем, волновые процессы в каналах и упругость проводки не учитываем, давление в сливной магистрали (8 кгс/см^2) и давление на выходе из редуктора считаем неизменным (28 кгс/см^2), расход на регулятор насоса не учитываем, всеми инерционными силами пренебрегаем, возникновение пузырьков воздуха в рабочей жидкости считаем невозможным. Их математические модели представлены в среде Simulink соответствующими подсистемами.

Следует отметить, что обязательным условием эксплуатации автономного гидропривода является ограничение хода поршня от упора до упора с целью предотвращения его «залипания» в крайних боковых

положениях, которых на протяжении всего срока службы допускается не более шести.

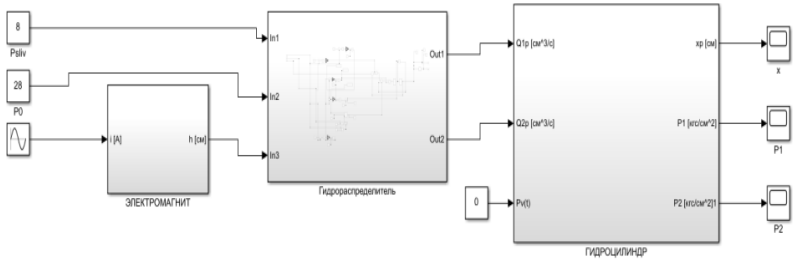


Рис. 2. Автономный гидропривод как совокупность трёх активных элементов

Наиболее простой и надёжный способ реализации такого требования, гарантирующий его выполнение ввиду пропорциональности выходного сигнала по отношению ко входному – вставка на вход электромагнита ограничителя напряжения от – 0,15А до 0,15А (второй слева элемент на рисунке 3). В других случаях реализовывают также ограничение по выходной координате штока электромагнита. Остальные значения: T1 = 0.00086с, ksi1 = 0.8, Ki1 = 1.107 см/А, Ki2 = 0.7688 см/$А^2$, Ki3 = 37.213 см/$А^3$, i_max = 0.15А, Kmi = 0.065.

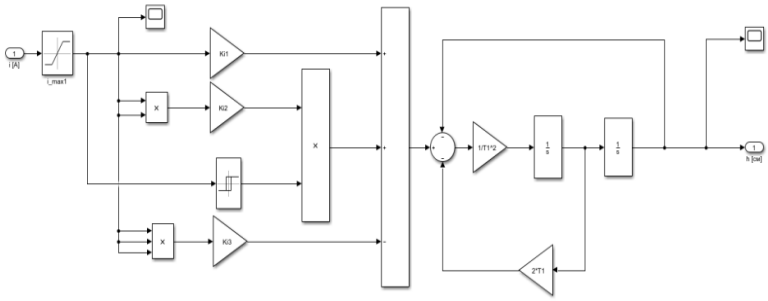


Рис. 3. Математическая модель электромагнита

Гидроцилиндр – это объёмный гидравлический двигатель, совершающий возвратно-поступательные движения за счёт разницы давлений в поршневой и штоковой области. Он преобразует гидравлическую энергию жидкости в механическую работу, причём в обоих направлениях. Примем, что в нём отсутствуют внутренние

перетечки и внешние утечки рабочей жидкости, а также отсутствует сила инерции поршня и штока и трение в самом цилиндре.

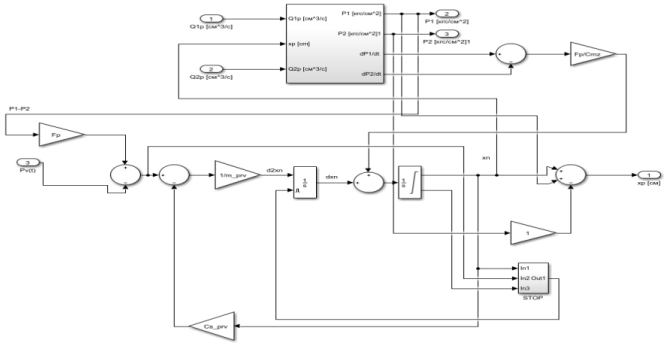


Рис. 4. Математическая модель гидроцилиндра

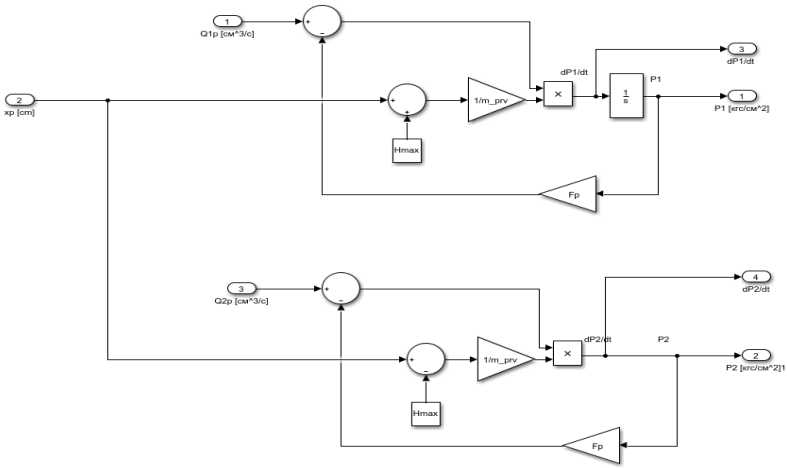


Рис. 5. Математическая модель информационно-измерительных элементов – датчиков давления рабочего тела

На основе этих утверждений существуют специальные формулы для расчёта усилия и скорости гидроцилиндра в поршневой и штоковой полостях.

В математической модели гидроцилиндра: X_max = 0.15 см – максимальное перемещение золотника, Fp = 10.58 см^2 – площадь поршня, m_prv = 0.071 кг*с^2/см – приведённая к xn масса нагрузки,

K_dprv = 1.5 кг*с/см – коэффициент демпфирования, Cs_prv = 2000 кгс/см – коэффициент шарнирной нагрузки, P_tr = 200 кгс – трение в нагрузке, Cmz = 15000 кгс/см – жёсткость элементов конструкции, Hmax = 2.5 см – максимальное перемещение поршня, bc1 = 0.6 см – ширина первой щели золотника, bc2 = 1.2 см – ширина второй щели золотника.

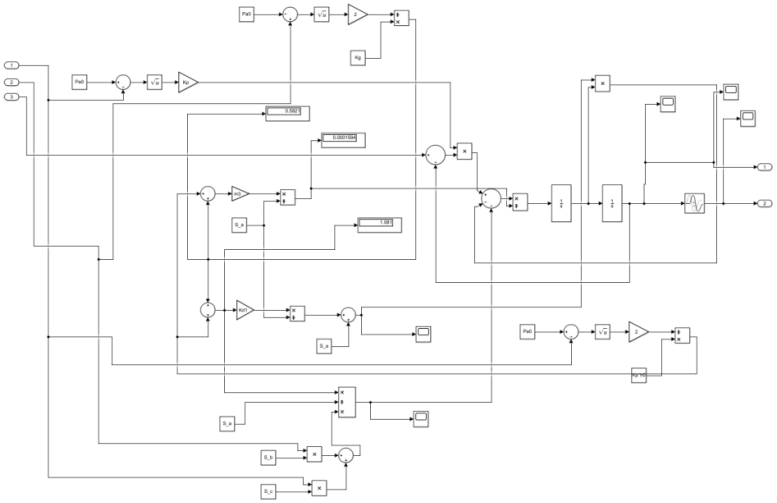


Рис. 6. Математическая модель распределительного устройства

В математической модели распределительного устройства: mu_dr = 0.6 см – коэффициент расхода постоянного дросселя, f_dr = 0.00385 $см^2$ – площадь сечения постоянного дросселя, ro = 0.000000846 $кг/м^3$ – плотность рабочей жидкости, S_b = 0.5079 $см^2$ – площадь торца золотника (B), S_a = 0.9499 $см^2$ – площадь торца золотника (A), d_v = 0.4 см – внутренний диаметр втулки, mu_dr_per = 0.65 – коэффициент расхода переменного дросселя, h0 = 0.0026 см – начальное открытие переменного дросселя, m3 = 0.00014 кг – масса золотника, S_0 = 8.64 $см^2$ – площадь поверхности золотника, H0 = 0.00045 см – средняя величина зазора между золотником и втулкой, S_c = 0.442 $см^2$ – площадь торца золотника, mu_dv = 3,384 * 10^{-8} – коэффициент динамической вязкости, x_max_z = 0.15 см – максимальное перемещение золотника, E_p = 10000 $Н/см^{2-}$ модуль упругости рабочей жидкости.

Подставим приведённые значения в скрипт и убедимся в корректной работе данной математической модели:

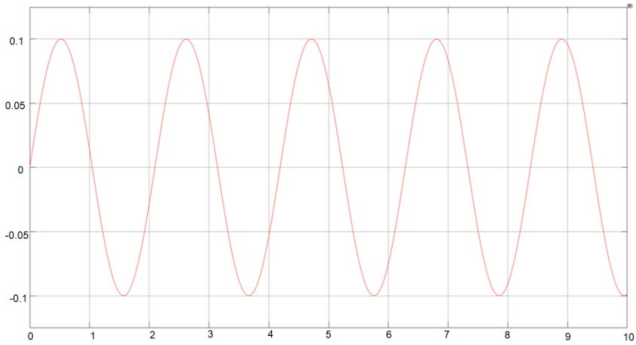


Рис. 7. Входной сигнал при частоте 3 рад/с

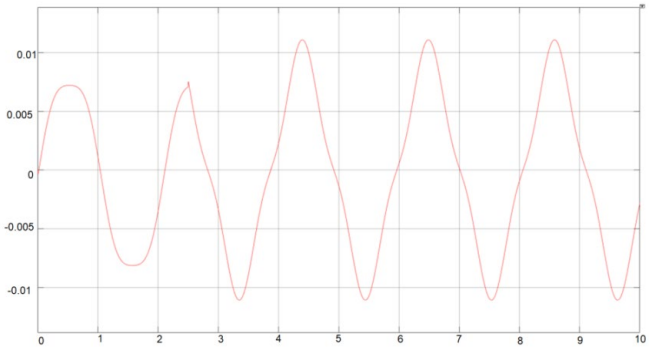


Рис. 8. Выходной сигнал при частоте 3 рад/с

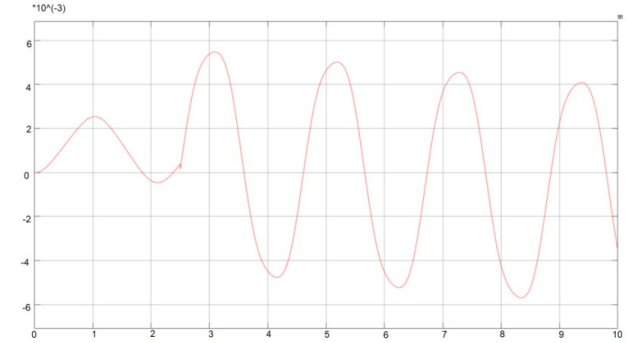


Рис. 9. Выходной сигнал при частоте 3 рад/с, но с многократным увеличением нагрузки на гидроцилиндре

Из графиков видно, что повышение нагрузки на штоке гидроцилиндра сопровождается уменьшением амплитуды движения при условии сохранения частоты входного сигнала неизменной и ухудшением качества переходных процессов.

Заключение

В ходе данного исследования были рассмотрены особенности построения математической модели автономного гидравлического привода, определено его место в общей классификации, выявлены преимущества и недостатки, построена его структурная схема и математическая модель в среде Simulink, после чего на основе проведенного анализа полученных результатов можно сделать вывод о корректной отработке данным устройством входных сигналов, штатного возрастания давления по мере увеличения нагрузки, а также его способности отрабатывать нагрузку в заданном диапазоне.

Список литературы

1. Руппель А. А Моделирование гидравлических систем в Matlab Учебное пособие / А. А. Руппель, А. А. Сагандыков, М. С. Корытов; рецензенты: Канд. техн. наук, доцент С. Н. Чижма (ОмГУПС); д-р техн. наук, проф. Н. С. Галдин (СибАДИ). – Омск ГОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)», 2009. – 174 с.

2. Достоинства и недостатки гидро-, пневмо- и электроприводов // Сервомеханизмы. Новые идеи в линейном движении [Электронный ресурс] / – Режим доступа: http://www.servomh.ru/stati/dostoinstva-i-nedostatki-gidro-pnevmo-i-elektroprivodov

3. Основы проектирования систем пневмо- и гидроавтоматики: монография / Ю. Л. Арзуманов, Е. М. Халатов, В. И. Чекмазов. – М.: Издательский дом «Спектр», 2017. – 495с. ISBN 975-5-4442-0129-9

4. Основы теории и расчёта газовых и гидравлических приводов летательных аппаратов Учебное пособие / С. В. Феофилов. – М.: Издательство ТулГУ, 2020. – 218с. УДК 62-522.2, 62-522.7

Обнаружения сетевых атак с использованием методов статистического анализа

И. А. Высоцкая, e-mail: i.a.trishina@gmail.com

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются статистические методы обнаружения сетевых атак. При моделировании систем защиты от несанкционированных вторжений в компьютерные сети возникают задачи, связанные с обнаружением не известных ранее видов атак. Преимуществами статистических методов является их адаптация к изменению поведения пользователя, а также способность к обнаружению модификаций различных атак.*

Ключевые слова: *компьютерные сети, обнаружение компьютерных атак, статистический анализ.*

Введение

Развитее компьютерных сетей и информационных технологий вызывает непрерывное развитие программного обеспечения, связанного с безопасностью сетевых ресурсов, которое требуют новых подходов.

Аномальные сетевые поведения не всегда можно обнаружить с использованием сигнатурных методов анализа. В частности, такие ситуации могут возникать в случае атак неизвестных типов. Применение статистических методов обнаружения аномального поведения позволяет отслеживать состояние системы и выявлять новые, неизвестные ранее виды атак.

Для описания процесса сетевой атаки существует множество моделей, которые в большинстве основаны представления атаки как последовательного состояния автомата [1]. В целях применения описанного ниже алгоритма можно использовать готовые обучающие средства моделирующие сетевые атаки.

1. Статистические методы обнаружения сетевых атак

Вначале необходимо определить объект анализа, и критерии, по которым в дальнейшем определяется потенциальная угроза сетевой безопасности, построить базовый профиль системы, без аномалий, с использованием методов математической статистически [2]. Профилем является набор различных данных о типичном поведении объекта

© Высоцкая И. А., 2021

исследования, т. е. некоторая выборка $Y = (Y_1, ..., Y_n)$, где Y_i – событие в момент времени t_i, $i = 1, ..., n$, n – установленный период анализа. К таким данным можно отнести (при захвате трафика TCP/IP), поля заголовков IP, TCP, UDP и содержимое полей данных.

Для формирования профиля предлагается для использования программа Wireshark (или любого другого программного продукта, осуществляющего запись и анализ трафика) [3]. Комплекс Wireshark содержит инструмент IO Graphs, для снятия статистики сообщений, распределённых с некоторой частотой.

Далее следует производить сопоставление текущего состояние системы с некими определёнными заранее признаками, характеризующими стационарное функционирование системы [3-7]. При проведении анализа будем опираться на две гипотезы: H_0 – отклонений в трафике нет (трафик подчиняется нормальному закону распределения), H_1 – отклонения в трафике есть. Более подробная формулировка гипотез требует знания распределения вероятностей до предполагаемой атаки.

Предполагаем, что причинами аномалий является существенное изменения трафика. Наблюдения группируются в выборку $X = (X_1, ..., X_n)$, где X_i – событие в момент времени t_i, $i = 1, ..., n$. Для оценки существенности расхождения между частотами выборки $Y = (Y_1, ..., Y_n)$ и выборки $X = (X_1, ..., X_n)$ предлагается использовать критерий χ (формула 1).

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \frac{(X_i - Y_i)^2}{Y_i}, \qquad (1)$$

где n – число категорий, X_i – посчитанное число наблюдений в категории i, Y_i – ожидаемое число наблюдений в категории i. По таблицам [2], можно определить предельное верхнее значение при заданном уровне значимости и числе степеней свободы. Если фактическое значение (1) меньше табличного, то расхождение между частотами считают случайными, а гипотезу H_0 принимают.

В результате применения критерия могут возникнуть ошибки первого или второго рода. Ошибку первого рода называют ложным срабатыванием, а второго рода соответственно ложноотрицательным срабатыванием. Таким образом, мы может получить ситуацию, когда авторизированные пользователю классифицируются как нарушители, и наоборот действия нарушители классифицируются как действия

легальных пользователей. Поэтому при моделировании систем защиты всегда стоит задача баланса между сохранения безопасности компьютерной сети и данных и обеспечением стабильного доступа и работы легальных пользователей.

При обнаружении существенных отклонений выдается сообщение о начале сетевой атаки. На качество результатов выявления атак существенно влияет выбор показателей трафика, которые является устойчивым к неисправностям вызванными законными изменениями. Иначе, есть большая вероятность получить множество ложных тревог. Например, администратор сети может применять отладочные утилиты, для диагностики сетевого окружения. Действия подобного рода не должны относиться к злоумышленным, однако системы обнаружения атак может распознать эту деятельность как аномальную сетевую активность.

Критерий χ – квадрат не является единственным, при анализе аномального поведения. Например, можно использовать одновыборочный критерий нормальности Колмагорова-Смирнова. Он основан на максимуме разности между кумулятвным распредлением выборки $X = (X_1, ..., X_n)$ и выборки $Y = (Y_1, ..., Y_n)$, где n – число категорий. Критерий оценки Вилкоксона-Манна-Уити можно использовать в качестве сравнения двух наблюдений на однородность.

2. Оценка эффективности

Для оценки эффективности можно использовать кривую ошибок. Это графическая иллюстрация зависимости между относительным числом правильных срабатываний и числом ложных срабатываний, при изменениях параметров используемого метода. Для построения кривой ошибок используются следующие формулы

$$TPR = TP \Big/ \left(TP + FN\right), \tag{2}$$

$$FPR = FP \Big/ \left(FP + TN\right), \tag{3}$$

где TP – количество выявленных аномалий, FN – количество пропущенных аномалий, FP – количество ложных срабатываний системы, TN – количество правильных срабатываний системы.

Заключение

При моделировании систем защиты от несанкционированных вторжений в компьютерные сети возникают задачи, связанные с обнаружением не известных ранее видов атак. Использование методов

математической статистики является оптимальным, поскольку для проведения анализа достаточно только статистических данных о потоке пакетов, и нет необходимости в изучении самой атаки и ее методов. Главным преимуществом применения статистического анализа является выявление атак, впервые реализуемых злоумышленниками.

Список литературы

1. Браницкий А. А. Анализ и классификация методов обнаружения сетевых атак / А. А. Браницкий, И. В. Котенко // Тр. СПИИРАН. – 2016. – № 45. – С. 207-244.

2. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для прикладного бакалавриата / В. Е. Гмурман – 12-е изд. – М: Издательство Юрайт, 2014. – 479 с.

3. Шелухин, О. И. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии). Учебное пособие для вузов / О. И. Шелухин, Д. Ж. Сакалема, А. С. Филинова. – М: Горячая линия-Телеком, 2013. – 220 с.

4. Высоцкая, И. А. Применение средств компьютерного моделирования для проектирования с использованием обобщённого мультипликативного критерия оптимальности / И. А. Высоцкая, А. С. Михалев // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XX Международной научно-методической конф. (Воронеж, 13–14 февраля 2020 г.) – Воронеж, 2020. – С. 378-382.

5. Таненбаум, Э. Компьютерные сети. 5-е изд / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с.

6. Семенов, Н. А. Применение статистических методов обнаружения DoS атак в локальной сети / Н. А. Семенов, А. Ю. Телков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2012. – № 1. – С. 82-87.

Метод разметки крупноформатных аэрокосмических изображений и подготовки обучающих выборок для нейронных сетей

Д. А. Гаврилов, email: gavrilov.da@mipt.ru[1,2]
Д. А. Ловцов, email: dal-1206@mail.ru[1]

[1] ОАО «Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН»
[2] Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В настоящей работе представлено программное обеспечение, предназначенное для разметки объектов на аэрокосмических изображениях видимого и инфракрасного спектра, создания базы образцов и подготовки обучающих выборок для решения задачи обнаружения и локализации объектов.*

Ключевые слова: *разметка обучающих выборок, обучение нейросетей, активное обучение.*

Введение

Нейронные сети широко применяются для решения задач детектирования, локализации и классификации алгоритмом машинного зрения объектов интереса известного класса на изображениях произвольного размера. Качество обнаружения и локализации объектов с помощью сверточных нейронных сетей часто значительно превышает качество, обеспечиваемое классическими алгоритмами машинного зрения, например, такими, как корреляционные фильтры [1].

Одним из наиболее существенных недостатков алгоритмов машинного обучения является необходимость создания для их обучения и работы базы образцов изображений или обучающей выборки с обозначенными объектами интереса. Создание данных баз образцов обычно выполняется вручную человеком-оператором, что представляет трудоемкую задачу, требующую достаточно большой выборки изображений, содержащих объекты интереса, снятые в различных видах и ракурсах. [2]. В задачах распознавания подготовка обучающей базы изображений является достаточно трудоемким процессом, для выполнения которого предъявляются достаточно высокие требования к квалификации исполнителя. Как правило, разметка данных включает

© Гаврилов Д. А., Ловцов Д. А., 2021

работу оператора с каждым отдельным изображением и заключается в выделении на нем области или точек интереса [3].

Сообществами исследователей создаются открытые базы образцов, содержащие миллионы разнообразных изображений. Примером такой базы может служить ImageNet [4]. Тем не менее, изображения, имеющиеся в свободном доступе, не содержат достаточного количества классов и ракурсов объектов интереса [5, 6], требуемых для решения поставленной задачи. Существуют решения, обеспечивающие автоматизацию процесса разметки изображений, их недостаткам можно отнести недостаточную точность разметки изображений.

Разработано программное обеспечение, предназначенное для автоматизации разметки объектов на аэрокосмических изображениях видимого и инфракрасного спектра, и создания базы образцов и подготовки обучающих выборок для решения задачи обнаружения и локализации объектов.

1. Работа программы

В качестве входных данных программа использует аэрокосмические изображения видимого и инфракрасного диапазонов спектра, в том числе крупноформатные. Программа позволяет осуществлять разметку следующих основных видов объектов:

– объекты техники (подвижные объекты);
– наземные объекты (неподвижные объекты).

Объекты техники разбиваются на типы. При этом каждый объект распознавания принадлежит одному типу. Программное обеспечение позволяет размечать до типа 50 наименований самолетов и 10 наименований сухопутной техники.

Для функционирования программы необходимо следующее системно-аппаратное обеспечение:

– операционная система: Linux Ubuntu.
– два монитора 21", со входом HDMI;
– процессор Intel Core i7 5930K, не хуже;
– не менее 4 видеокарт NVIDIA GeForce 1080Ti;
– не менее 64 ГБ оперативной памяти;
– не менее 200 ГБ доступного места на жестких дисках.

Основной функционал программы составляют следующие операции:

– поиск объектов интереса,
– просмотр изображения видимого или инфракрасного диапазона, измерение размеров объектов,
– разметка объектов интереса на изображениях с помощью специальных инструментов разметки,

– редактирование ранее выполненной разметки объектов,
– обозначение,
– маркировка объектов.

С помощью программы обеспечивается возможность в ручной, полностью автоматической или полуавтоматической разметки изображений. Как правило, основным режимом работы программы является полуавтоматический, когда оператор на первом этапе использует инструмент предварительной «грубой» разметки, в ходе которой программа осуществляет первичное обнаружение и классификацию объектов. На следующем этапе локализация и маркировка объектов могут быть исправлены оператором вручную с помощью инструментов редактирования. Порог отсечения настраивается в зависимости от требований оператора. Пример разметки наземных объектов представлен на рис. 1.

На рис. 1 показан вид данного документа с открытым списком стилей в Microsoft Word 2003.



Рис. 1. Пример разметки наземных объектов

Разметка объектов техники, имеющих сложную форму, включает процессы подготовки эталонных изображений и подгонки эталонов к тестовым изображениям [7]. Подготовка эталонных изображений состоит в построении контурного описания для всех типов объектов. Исходными данными для построения описания являются образцы объектов в виде растровых бинарных изображений хорошего качества. В результате обработки этих изображений система формирует контурные описания объектов в формате многоугольных фигур. Векторные

описания контуров объектов являются эталонными (шаблонами) и используются в дальнейшем для разметки аэрокосмических снимков.

Подгонка эталонов к тестовым изображениям осуществляется оператором путем наложения векторного описания эталона на аэрокосмический снимок и преобразования контура с целью совмещения его с объектом на снимке. Преобразования контура выполняются оператором с использованием инструментальных операций: сдвиг, поворот, масштабирование и растяжение-сжатие контура вдоль или поперек оси симметрии объекта.

Выходными данными для программы разметки являются сформированные векторные описания объектов в формате многоугольных фигур в виде бинарного изображения (эталонные образцы), размеченные и промаркированные аэрокосмические снимки

2. Подготовка обучающих выборок

Для решения проблемы получения обучающей выборки достаточного объема для обучения нейросети, обладающей высокой точностью и устойчивостью к условиям съемки, реализовано искусственное расширение обучающей выборки с помощью синтезированных изображений объектов интереса.

Режим генерации изображений предназначен для обеспечения увеличения объема имеющейся выборки. Расширение обучающей выборки обеспечивается методом аугментации реальных изображений с помощью вырезания объектов с дальнейшим наложением их на изображение фона со случайным поворотом, случайным зеркальным отражением или случайным масштабированием в заданных пределах. На кадрах аэрофотосъемки, в отличие от изображений, снятых с поверхности земли, ориентация объектов может быть произвольной в пределах от 0 до 360 градусов.

Аугментация данных – прием, используемый для создания дополнительных обучающих данных на основе имеющихся данных. Данный метод позволяет увеличить исходный обучающий набор, содержащий ограниченное количество изображений.

Наиболее распространенными вариантами аугментации являются:

1. отражение по горизонтали,
2. случайное кадрирование,
3. изменение цвета.

Могут применяться различные комбинации, например, одновременно выполняется поворот и случайное масштабирование. Кроме того, можно изменять величину насыщенности и значения всех пикселей (компоненты S и V цветового пространства HSV), например, возведением данных компонент в степень в интервале от 0,25 до 4,

умножением их на коэффициент в интервале от 0,7 до 1,4, или прибавлением к ним величины из интервала от 0,1 до 0,1. Аналогичные преобразования можно применять к фрагментам изображений.

Кроме аугментации для расширения имеющейся выборки используются искусственно синтезированные изображения, созданные с помощью специального генератора изображений. Включение в обучающие выборки синтезированных изображений является распространенным приемом, применяемым при отсутствии достаточного количества данных или для редко встречающихся классов объектов. Получение синтетических данных осуществлялось с помощью симулятора виртуальной среды Unity3D, предоставляющего множество функциональных возможностей. Для синтеза изображений использовался снимок фона, на который случайным образом накладывалась модель объекта интереса (рис. 2, рис. 3).

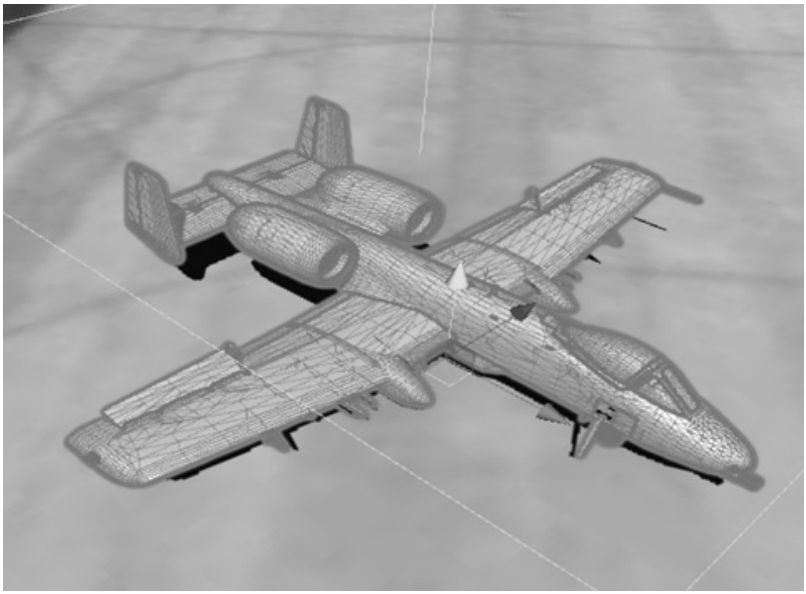


Рис. 2. Формирование синтетического изображения

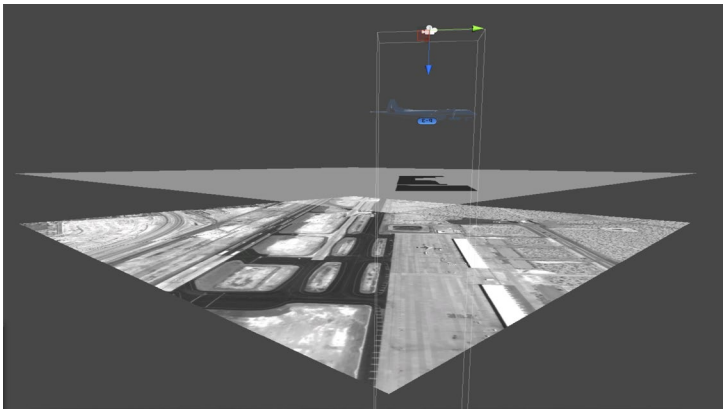


Рис. 3. Наложение синтетического изображения на снимок фона

Комбинированные снимки представлены на рис. 4.



Рис. 4. Комбинирование реальных и синтезированных изображений

3. Оценка качества разметки данных

Исследования разработанного программного обеспечения проведены при создании экспертной разметки валидационной выборки для алгоритмов дешифрирования видовой аэрокосмической информации [8]. Сравнивалось суммарное количество объектов,

обнаруженных программой и операторами-экспертами. В разметке изображений принимали участие три эксперта. Результаты по обнаружению объектов представлены в таблице.

Таблица

Результаты разметки

Исполнитель	Количество обнаруженных объектов
Операторы	2412
Программное обеспечение разметки	12370

Как видно из данных, представленных в таблице, программное обеспечение позволяет обнаружить более чем в 5 раз больше объектов интереса на крупноформатных аэрокосмических изображениях. Проведенные испытания показали, что доля ошибки установки центра объекта не превышает 10% общего числа объектов, доля ошибки, при которой центры объектов отмечены несколько раз не превышает 5% общего числа объектов. Дальнейшая работа в полуавтоматическом режиме позволяет оператору уточнить локализацию и маркировку объектов, и значительно облегчает и улучшает качество подготовки обучающих выборок для обучения алгоритмов обнаружения и классификации.

Заключение

Представлено программное обеспечение, предназначенное для разметки объектов на аэрокосмических изображениях видимого и инфракрасного спектра, и создания базы образцов и подготовки обучающих выборок для решения задачи обнаружения и локализации объектов. Основной функционал программы составляют операции поиска объектов интереса, просмотр изображения, измерение размеров объектов, разметка объектов интереса на изображениях с помощью специальных инструментов разметки, редактирование ранее выполненной разметки объектов, обозначение и маркировка объектов. Программа разметки позволяет осуществлять работу в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах. Работа в полуавтоматическом режиме позволяет оператору уточнить локализацию и маркировку объектов, и значительно облегчает и улучшает качество подготовки обучающих выборок для обучения алгоритмов обнаружения и классификации.

Список литературы

1. Малыхина, Г.Ф. Элементы статистической концепции бучения нейронной сети и прогнозирование ее функционирования / Г.Ф. Малыхина, А.В Меркушева // Научное приборостроение. – Москва, 2005. – №1. – С. 29-44.

2. Dvornik, N. On the Importance of Visual Context for Data Augmentation in Scene Understanding / N. Dvornik, J. Mairal, C. Schmid // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2019. – С. 1-15.

3. Гилязев, Р.А. Активное обучение и краудсорсинг: обзор методов оптимизации разметки данных / Р.А. Гилязев, Д.Ю. Турдаков // Труды Института системного программирования РАН. – 2018. – № 2. – С. 215-250.

4. ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition (ILSVRC) [Электронный ресурс]: база изображений. – Режим доступа: http://www.image-net.org/challenges/LSVRC/

5. Amazon SageMaker [Электронный ресурс]: база изображений. – Режим доступа: https://handl.ai/ Handl

6. Google Data Labeling [Электронный ресурс]: база изображений. – Режим доступа: https://cloud.google.com/datalabeling/docs/

7. Гаврилов, Д.А. Метод разметки изображений самолетов на аэрокосмических снимках на основе непрерывных морфологически моделей / Д.А. Гаврилов, Л.М. Местецкий, А.Б. Семенов // Программирование. – 2019. – № 6. – С. 3-12.

8. Гаврилов, Д.А. Программно-аппаратный комплекс тестирования алгоритмов детектирования и локализации объектов в видеопоследовательностях / Д.А. Гаврилов// Научное приборостроение. – 2019. – № 1. – С. 21-28.

Методика экспериментальной отработки высокоточной системы на заданном классе входных сигналов

О. В. Горячев, email: olegvgor@rambler.ru
В. В. Воробьев, email: vasvikt@inbox.ru
А. К. Ломакин, email: hostel209@yandex.ru
И. А. Меркулов, email: hostel209@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе предлагается подход, основанный на использовании метода предельных отклонений в задачах моделирования, синтеза и динамических испытаний следящих систем, функционирующих в условиях произвольного характера входных сигналов из заданного класса. Дан пример синтеза и экспериментальной отработки высокоточного привода наведения.*

Ключевые слова: *следящая система, моделирование, синтез, класс сигналов, точность, динамические испытания, стенд.*

Введение

Возрастающие требования к высокоточным системам (ВТС) обусловливают необходимость развития методов экспериментальной отработки систем как в виртуальном (например, реализованном в пакете Simulink системы Matlab), так и в полунатурном стендах. Развитие методологии динамических испытаний является актуальной задачей для ВТС, которые функционируют в условиях произвольного характера входных сигналов из заданного класса. Для таких ВТС важна надежная оценка диапазона мгновенной ошибки, а не только её усреднённое значение.

Предлагается использование метода предельных отклонений в качестве методологической основы решения последовательности задач, рассматриваемых на заданном классе входных сигналов [1-3]. К ним относятся задачи моделирования, синтеза, динамических испытаний.

В качестве объекта исследования в работе рассматривается электрический следящий привод (ЭСП) с двигателем серии ДБМ (бесконтактным моментным) [4, 5]. Такие приводы широко используются в современных ВТС.

Для ЭСП, допускающих линеаризацию математического описания (МО) в режиме слежения, предлагается методика проектирования с контролем диапазона динамической ошибки на заданном классе

© Горячев О. В., Воробьев В. В., Ломакин А. К., Меркулов И. А., 2021

входных сигналов. Методика развивает традиционный подход к проектированию следящих приводов и содержит следующие этапы.

1. Описание класса входных сигналов.
2. Выбор исполнительного двигателя.
3. Построение МО привода и его линеаризация по медленно изменяющемуся входному полезному сигналу.
4. Синтез регулятора.
5. Проектирование физической (полунатурной) модели и стенда.
6. Формирование программы динамических испытаний.
7. Экспериментальная отработка привода на основе совместного использования компьютерной модели и лабораторного стенда.

Укажем отличительные особенности этапов методики, связанные с учетом класса входных сигналов.

Рассмотрим этап описания класса входных сигналов. Наиболее адекватный и гибкий учёт класса входных сигналов V при синтезе линейной стационарной динамической системы обеспечивает метод гарантированной точности [1-3]. Критерий гарантированной точности (ГТ) имеет ясный содержательный смысл – наибольшая динамическая ошибка, которая может возникнуть при отработке системой сигналов произвольной формы из класса V на отрезке времени $[0,T]$ при нулевых начальных условиях.

Для описания класса V используется вспомогательная линейная система, называемая задающим устройством (ЗУ). При этом на вход ЗУ $u_{ЗУ}(t)$ накладывается единственное ограничение по модулю, $\left|u_{ЗУ}(t)\right| \le 1$. Разработаны эффективные способы построения ЗУ с использованием типовых линейных звеньев, причем как в детерминированной постановке (на классе регулярных сигналов V с заданными предельными характеристиками), так и в стохастической постановке – на множестве реализаций случайного сигнала V с заданной спектральной плотностью мощности [2].

При синтезе ЭСП как астатической системы, которая инвариантна к уровню входа, формирование ЗУ производится по заданным предельным значениям скорости $\omega_{max} = \dot{v}_{max}$ и ускорения $\varepsilon_{max} = \ddot{v}_{max}$, а также по области достижимости D на фазовой плоскости «скорость-ускорение» входного сигнала (рис. 1).

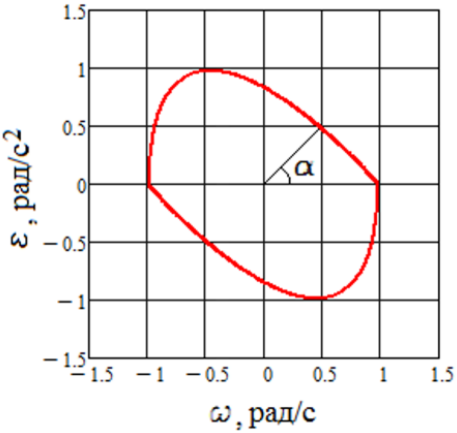


Рис. 1. Вид области достижимости ЗУ

Рассмотрим этап синтеза.

Синтез оптимального закона управления производится на заданном классе входных сигналов V по критерию минимума ГТ слежения. Критерий ГТ вычисляется с использованием расширенной системы, содержащей последовательное соединение ЗУ и линейной модели привода в режиме слежения (рис. 2). Значение функционала ГТ зависит от класса V и длительности наблюдения T, а также от вектора корректируемых параметров регулятора $c = (c_1, c_2, ..., c_k)$. Задача синтеза представляется как задача конечномерной оптимизации, что позволяет получать ЭСП с наименьшей в рамках заданной структуры предельной на классе сигналов V ошибкой слежения. Параметры регулятора оптимизируются из условия минимума критерия ГТ

$$\Gamma(T, V, c) = \min_{c \in R^k} \to c^0 \qquad (1)$$

где $c^0 = \left\{ c_i^0 \right\}_k$ – оптимальный вектор параметров.

С учетом требований задания к устойчивости и качеству переходного процесса задача (1) решается как задача условной оптимизации в условиях функциональных ограничений типа неравенств. Схема алгоритма оптимизации параметров фильтра на основе вычисления критерия ГТ представлена на рис. 2.

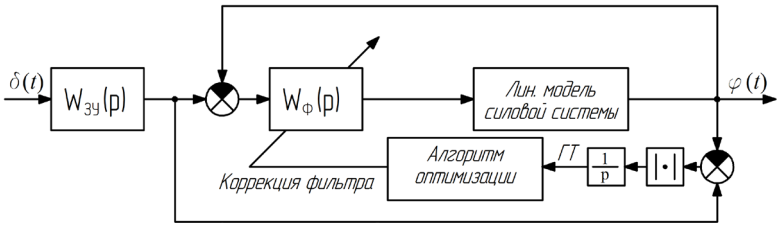


Рис. 2. Схема алгоритма оптимизации фильтра

Отметим, что воздействие дельта-функции $\delta(t)$, необходимое на каждом шаге алгоритма оптимизации для получения весовой функции и расчета критерия ГТ, воспроизводится заданием начального условия на интеграторе ЗУ.

Рассмотрим этап формирования программы динамических испытаний ЭСП с учетом заданного класса входных сигналов.

В расширенной программе динамических испытаний следящей системы помимо типовых тестирующих сигналов (например, гармонического, линейно-нарастающего, равноускоренного и т.д.) предполагается использование специального тестирующего сигнала вида (2), предназначенного для повышения надежности оценки предельной на заданном классе входных сигналов динамической ошибки [3]. Такой сигнал для линейной стационарной системы имеет релейную форму

$$u^0(t) = \operatorname{sign}\left[w_{eu}(T-t)\right] \qquad (2)$$

где $w_{eu}(t)$ – весовая функция расширенной системы от входа ЗУ u до выхода по ошибке e, $w_{eu}(t) = L^{-1}(W_{eu}(p))$; L – преобразование Лапласа.

Сигнал (2) подается в стенде на вход ЗУ и обеспечивает разгон ЭСП в режиме слежения до предельной ошибки на заданном классе входных сигналов. Источником данного сигнала в автоматизированном полунатурном стенде может служить, например, ПК стенда.

Рассмотрим реализацию предлагаемой методики на примере проектирования ЭСП наведения, который работает на заданные инерционную и силовую нагрузки в условиях произвольного характера входных сигналов из заданного класса.

ЭСП содержит последовательный интегро-дифференцирующий фильтр с коэффициентом передачи k_ϕ и постоянными времени T_1, T_2 и датчик угла поворота нагрузки с коэффициентом передачи k_{OC}.

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) управления обеспечивает в режиме слежения вибрационное сглаживание нелинейностей, что позволяет линеаризовать привод по полезному сигналу.

В качестве детерминированного входного сигнала ЭСП наведения рассмотрен маневр самолета типа «пике с горкой». На основе моделирования динамики цели построена область достижимости D в координатах скорость ω - ускорение ε (рис. 1). Предельные значения скорости и ускорения: $\omega_{\max} = 1 рад/с; \varepsilon_{\max} = 1 рад/с^2$. В качестве ЗУ выбрано звено третьего порядка, представляющее собой последовательное соединение колебательного звена и интегратора. Рассчитаны параметры ЗУ (коэффициент передачи, постоянная времени и коэффициент затухания): $K = 0.186 рад, T = 0.997 с, \zeta = 0.119$.

На основе расчета потребных энергетических характеристик в качестве исполнительного выбран двигатель ДБМ-100-0.4-1.5-2.

С использованием линеаризованного МО силовой системы привода на заданном классе входных сигналов V выполнен синтез параметров фильтра по критерию минимума ГТ слежения. Достигнутое значение ГТ составило 1 мрад при показателях быстродействия и колебательности, удовлетворяющих заданию.

Сформулирована задача проектирования ФМ для лабораторно-стендовых испытаний силового ЭСП. С использованием известного МО ЭСП выполнен анализ подобия [4]. Путем нормализации МО получены критерии подобия и масштабы моделирования по фазовым переменным и времени. Сформирована система требований к ФМ и выполнен синтез корректируемых параметров ФМ.

Предполагается, что ФМ в стенде работает на уменьшенную в n - раз относительно привода-оригинала инерционную и силовую нагрузки. Использование ФМ часто упрощает конструкцию стенда и расширяет возможности проведения динамических испытаний. Потребность в физическом моделировании возникает, в частности, при экспериментальной отработке в лабораторных условиях силовых приводов наведения и стабилизации большой мощности.

Пример. Пусть возможны два варианта ФМ ЭСП, связанные с выбором прототипа модели. В данном случае прототипом ФМ может являться:

1. двигатель ДБМ-100-0.4-1.5-2;
2. двигатель той же серии, но меньшей мощности, например, ДБМ-50-0.04-6-2.

Параметры двигателей приведены на интернет-сайте производителя (завод «Машиноаппарат», г. Москва). Учитывая то, что

мощные ДБМ имеют значительную стоимость (десятки тыс. р.), последний вариант является предпочтительным. Заметим, что ДБМ малой мощности, как правило, имеют стоимость в разы меньшую, чем оригинал.

Выберем в качестве прототипа ФМ второй вариант и сформируем задание на проектирование ФМ. Задача проектирования ФМ рассматривается как задача создания новой технической системы, удовлетворяющей системе требований:

1. подобия функционирования в виде равенства критериев подобия в оригинале и модели, либо в виде равенства индикаторов подобия единице

$$\frac{m_{C_m} \cdot m_{C_e} \cdot m_L}{m_J \cdot m_R^2} = 1; \qquad \frac{m_z \cdot m_U \cdot m_L}{m_{C_e} \cdot m_R} = 1;$$

$$\frac{m_{T_1} \cdot m_L}{m_R} = 1; \qquad \frac{m_{T_2} \cdot m_L}{m_R} = 1;$$

$$\frac{m_{K_\Phi} \cdot m_{U_{\text{вх}}}}{m_U} = 1; \qquad \frac{m_{K_\Phi} \cdot m_{K_{\text{ОС}}} \cdot m_\varphi}{m_U} = 1,$$

где m_α – масштаб воспроизведения в ФМ некоторой величины α оригинала, причем $m_\alpha = \frac{\alpha_м}{\alpha_{ор}}$. Здесь индексами “ор” обозначается оригинал, “м” – модель.

2. тождественности функционирования оригинала и ФМ по входному сигналу и сигналу ошибки;

3. специфики реализации ФМ, которая обусловлена отличием ее параметров от параметров оригинала, в частности, ДБМ-50 имеет меньшее по сравнению с оригиналом число пар полюсов Z: $m_Z = 0.5$.

Параметры ФМ, которые допускают коррекцию, следующие: напряжение U, коэффициент противо-ЭДС $C_в$, коэффициент передачи фильтра $k_Ф$, коэффициент обратной связи k_{OC}, постоянные времени фильтра T_1, T_2, момент инерции нагрузки J, момент нагрузки M. Множество корректируемых параметров ФМ имеет вид

$$\{U, C_e, k_Ф, k_{OC}, T_1, T_2, J, M\}$$

Рассчитаны масштабы по корректируемым параметрам ФМ:

$$m_U = 1.5;\ m_{C_e} = 0.4179;\ m_J = m_M = 0.3042;$$

$$m_{T_1} = m_{T_2} = m_t;\ m_{K_\Phi} = m_U;\ m_{K_{\text{ОС}}} = m_\phi^{-1}.$$

При этом масштабы воспроизведения в ФМ переменных (времени, ошибки, тока, скорости, угла) следующие:

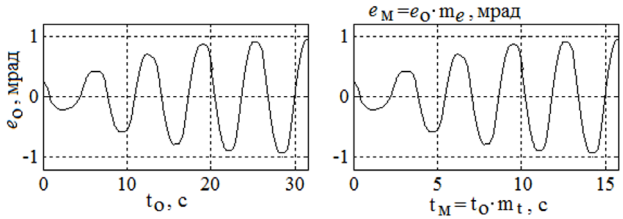
$$m_t = 0.5571;\ m_e = 1;\ m_i = 0.7222;$$

$$m_\varepsilon = 6.4431;\ m_\omega = 3.5837;\ m_\phi = 2.$$

Разработанный вариант ФМ обеспечивает строгое подобие функционирования, т.к. выполняются равенства единице всех индикаторов подобия. В ФМ имеет место масштабирование уровней тока, скорости, угла в ускоренном масштабе времени (в 1.8 раза). При этом обеспечивается тождественность по уровням входного сигнала и сигнала ошибки.

Заметим, что ускоренный масштаб времени в ФМ обусловлен меньшим в модели по сравнению с оригиналом числом пар полюсов. Практически полезным является то, что ускоренный масштаб при стендовых испытаниях сокращает время статистических испытаний и экономит ресурсы привода и стенда.

Компьютерное моделирование функционирования ЭСП и его ФМ подтвердило достоверность полученных теоретических результатов. Осциллограммы точностных испытаний ЭСП и его ФМ в режиме разгона до предельной динамической ошибки представлены на рис. 3.



а б

а – оригинал; б – физическая модель

Рис. 3. Осциллограммы сигнала ошибки в оригинале и модели

В случае необходимости проводить испытания в реальном масштабе времени следует в качестве прототипа ФМ использовать двигатель с тем же количеством пар полюсов, что и оригинал, например, использовать непосредственно двигатель-оригинал.

Пусть за прототип ФМ взят ДБМ-оригинал, который работает в стенде на уменьшенные в n-раз инерционную и силовую нагрузки. В

данном случае вариант коррекции ФМ предусматривает *n*-кратное уменьшение в модели таких параметров как: коэффициент противо-ЭДС, напряжение питания, коэффициент передачи фильтра и момент инерции и момент нагрузки.

Данный вариант обеспечивает строгое подобие оригинала и ФМ, а также тождественность модели оригиналу по времени, скорости, углу, входному сигналу и ошибке. При этом в ФМ имеет место *n* -кратное уменьшение уровней тока, вращающего и нагружающего моментов.

Разработан автоматизированный лабораторный стенд для динамических испытаний ВТС наведения и стабилизации. Конструкция силовой системы стенда иллюстрируется на рис. 4. Стенд позволяет экспериментально отрабатывать как натурные силовые ЭСП, так и их ФМ, которые работают на уменьшенные по сравнению с оригиналом инерционную и силовую нагрузки (в том числе в ускоренном масштабе времени).

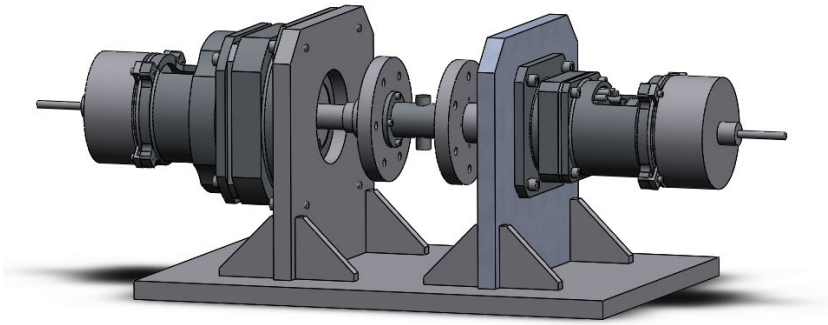


Рис. 4. Общий вид силовой системы стенда

Стенд состоит из двух моментных двигателей ДБМ70-0,16-3-2 и ДБМ 120-1,6-0,5-3, расположенных соосно и связанных механически. Каждый из двигателей имеет возможность функционировать в двух режимах: в режиме исполнительного двигателя и в режиме нагрузочного. Переключение между режимами производится программно. Стенд позволяет задавать кинематические параметры нагрузки с помощью настроек:

1. момента инерции нагрузки – осуществляется путём изменения массогабаритных характеристик навешиваемой нагрузки;

2. нежёсткости механической передачи – осуществляется путём подбора толщины пластины, соединяющий валы двигателей.

Выводы

Рассмотрен подход к разработке ВТС наведения и стабилизации, которые функционируют в условиях произвольного характера входных сигналов из заданного класса. Предложена методика решения последовательности задач моделирования, оптимального синтеза, динамических испытаний систем. Методика позволяет повысить надежность экспериментальной оценки точности как в виртуальном, так и в полунатурном стендах, что в целом повышает эффективность разработки ВТС, для которых важна оценка диапазона мгновенной ошибки, а не только её усреднённое значение.

Разработан автоматизированный полунатурный стенд для экспериментальной отработки высокоточных силовых следящих приводов наведения и стабилизации. Показано, что использование физических моделей позволяет расширить возможности лабораторно-стендовых испытаний ВТС и снизить затраты времени и средств на их проведение.

Список литературы

1. Воробьев В. В. Метод гарантированной точности для релейных следящих систем / В.В. Воробьев, Н.Н. Макаров, А.А. Парамонова // Мехатроника, автоматизация, управление, № 10 (127). – М., Новые технологии, 2011. – С. 32 – 38.

2. Макаров Н. Н., Макарова Н.Н. Синтез регулятора методом гарантированной точности // Известия Тульского государственного университета, т. 2, вып. 3. Управление. 2000. – С. 41–51.

3. Разработка методики полунатурных испытаний высокоточной системы телеуправления / О.В. Горячев, В.В. Воробьев, А.К. Ломакин, И.А. Меркулов // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XX Международной научно-методической конференции, Воронеж, 13-14 февраля 2020 г. С. 391-400.

4. Овчинников И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе / И. Е. Овчинников. – СПб. : БХВ-КОРОНА-Век, 2012. – 336 с.

5. Чемоданов Б.К. Следящие приводы / Б.К. Чемоданов [и др.] – 2-е изд., доп. и перераб. Т.2: Электрические следящие приводы. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 880 с.

Моделирование результирующих показателей сахаропроизводящего комплекса России

А. А. Громковский e-mail: aag68@bk.ru
Л. Н. Костылева e-mail: kostyleva12@yandex.ru

ФГКОУ ВПО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *В работе проведено исследование влияние основных технико-экономических факторов производства сахара в России на выход готовой продукции. Построена математическая модель количественного описания взаимосвязи показателей производства сахара. С целью определения причинно-следственных связей факторов и результата производства сахара проведена оценка значимости коэффициентов построенной модели. По результатам моделирования определен комплекс значимых технико-экономических факторов, существенно влияющих на формирование выхода сахара в производстве.*

Ключевые слова: *Моделирование, производство сахара, технико-экономические факторы производства, выход готовой продукции.*

Введение

Одной из важных задач анализа функционирования производственной деятельности является задача исследования результирующих показателей производства. Подобные задачи целесообразно решать на основе построения математической модели, которая должна отображать сущность формирования результата производства под воздействием производственных факторов [1-3]. Такую модель можно простроить и проанализировать с применением методов корреляционно-регрессионного анализа [4, 5]. Подобные модели называются производственными функциями. Они могут количественно описывать не только экономические показатели, но и технологические [2, 4, 5]. Анализ такой модели позволяет не только построить количественное описание взаимосвязи результата производства и факторов, формирующих его, но и выявить причинно-следственную связь между комплексом существенных производственных факторов и результатом производства [2]. Такая причинно-следственная связь оценивается на основе проверки соответствующих гипотез о значимости параметров математической модели, описывающей количественную взаимосвязь.

© Громковский А. А., Костылева Л. Н. 2021

1. Анализ корреляции между основными показателями производства сахара в России

Для предприятий сахаропроизводящего комплекса Российской Федерации [1] основным результирующим показателем производства является выход товарного сахара Вх. При моделировании, согласно основным правилам регрессионного анализа, выход сахара как результирующий признак, обозначается Y. При осуществлении контроля производства сахара учитывают: среднесуточную производительность, X_1, т; среднесуточную производительность, % от плановой X_2; дигестию (сахаристость) свеклы при приемке, X_3,%; дигестию свеклы при сдаче, X_4, %; сахаристость свекловичной стружки, X_5, %; потери при хранении и транспортировке, X_6, %; фактические потери сахара в производстве, X_7, %; фактическое содержание сахара в мелассе, X_8,%; фактический расход условного топлива, X_9, %; фактический расход известкового камня, X_{10}, %. Контролируемые производственные показатели оказывают влияние на формирование значения выхода сахара и рассматриваются как признаки-факторы регрессии.

На основе данных производственного учета всех указанных величин за сезон производства 2018-2019 года было взято 73 наблюдения по всем сахаропроизводящим предприятиям Российской Федерации. Для построения математической модели была сформирована матрица размером 73x11, отражающая пространственный срез производственных величин за сезон.

Перед построением количественного описания взаимосвязи выхода сахара и влияющих на него производственных факторов необходимо исследовать корреляцию между данными показателями. Корреляция выхода сахара и образующих его факторов оценивалась по данным производственных отчетов сахарных заводов России [3]. В качестве количественной оценки корреляции использовался выборочный линейный коэффициент парной корреляции Пирсона [7]:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2 (y_i - \overline{y})^2} \qquad (1)$$

где x_i, y_i –наблюдения величин X и Y по данным производственных отчетов; $\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$, $\overline{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$ – выборочные средние исследуемых величин.

При оценке влияния нескольких факторов X_j производства сахара на результирующий показатель Y оценку взаимосвязи между ними удобно представить в виде таблицы коэффициентов парной корреляции – корреляционной матрицы. Корреляционная матрица R для нескольких экономических величин имеет общий вид [6, 7]:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{yx1} & r_{yx2} & \cdots & r_{yxm} \\ r_{yx1} & 1 & r_{x1x2} & \cdots & r_{x1xm} \\ . & . & . & . & . \\ r_{yxm} & r_{x1xm} & r_{x2xm} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

2. Исследование значимости корреляции между показателями производства сахара в России.

После оценки корреляции выхода сахара с формирующими его факторами производства и коэффициентов межфакторной корреляции была проведена оценка значимости полученных величин [5, 6].

Статистическая значимость найденных коэффициентов корреляции оценивалась на основе проверки статистических гипотез. Основная выдвигаемая гипотеза – о незначимости коэффициента корреляции: $H_0 : r_{xy} = 0$, альтернативная гипотеза $H_1 : r_{xy} \neq 0$. Проверка выдвинутых гипотез осуществлялась с использованием t-статистика, – случайной величины, распределенной по закону Стьюдента при заданном уровне значимости α. Критическая область и область принятия гипотезы задавались на основе табличного значения статистики критерия Стьюдента $t_{табл}(\alpha, n-2)$ для принятого уровня значимости α и числа степеней свободы $df = n-2$, где n – объем исследуемой выборочной совокупности наблюдений показателей производства сахара по данным производственного учета.

Расчетное значение статистики критерия Стьюдента находилось по данным сформированной выборочной совокупности по формуле:

$$t_{расч} = r_{xy}\sqrt{\frac{n-1}{1-r_{xy}^2}} \quad (3)$$

Если для оцениваемого коэффициента корреляции $\left|t_{расч}\right| > \left\|t_{табл}\right\|$, то принимается альтернативная гипотеза, признается надежность полученной оценки на заданном уровне значимости. Если для исследуемого коэффициента корреляции $\left|t_{расч}\right| < \left\|t_{табл}\right\|$, то нет оснований

отвергнуть выдвинутую гипотезу, полученный коэффициент корреляции считается незначимым.

По результатам проверки гипотез о значимости величины корреляции показателей производства сахара в России на уровне значимости 5% (α = 0,05) все оценки коэффициентов корреляции продемонстрировали значимое, неслучайное отличие от нуля.

3. Определение основных групп факторов производства сахара для моделирования выхода сахара.

Полагая показатель выхода готовой продукции Y зависимой результирующей переменной регрессионной модели, описывающей взаимосвязь показателей производства сахара, по данным матрицы коэффициентов корреляции можно оценить тесноту и значимость взаимосвязи между этой величиной и остальными производственными показателями. При этом следует учитывать корреляцию между факторами производства сахара X_j для устранения так называемого эффекта коллинеарности. При проявлении этого эффекта несколько взаимосвязанных друг с другом факторов производства дублируют свой вклад влияния на результирующий производственный показатель. В модели регрессии следует учитывать только один из дублирующих друг друга факторов производства [6].

Согласно экономической сути исследуемых показателей производства сахара целесообразно разделить их на несколько групп.

Показатели производительности сахарных заводов можно отнести к первой группе факторов производства – среднесуточная производительность, X_1, т; среднесуточная производительность, % от плановой X_2. Коэффициенты корреляции этих показателей с выходом готовой продукции составили r_{yx1} = – 0,08; r_{yx2} = 0,33. Среднесуточная производительность в % от плановой более тесно связана с выходом сахара. Производственные факторы неколлинеарны, коэффициент межфакторной корреляции r_{x1x2} = 0,16. Целесообразно включить каждый из них в формируемую модель и выбрать наилучший.

Вторая группа факторов производства сахара – показатели сырья для производства – дигестия свеклы при приемке, X_3,%; дигестия свеклы при сдаче, X_4, %; сахаристость свекловичной стружки, X_5, %. Все эти величины указывают на содержание сахара в сырье для производства. Коэффициенты корреляции этих факторов с выходом товарного сахара: r_{yx3} = 0,79; r_{yx4} = 0,81; r_{yx5} = 0,85. Показатели сахаристости свеклы демонстрируют сильную связь с результирующей переменной модели. Коэффициенты межфакторной корреляции составили r_{x3x4} = 0,99; r_{x3x5} = 0,98; r_{x4x5} = 0,99, следовательно, данные

факторы коллинеарны. Имеет смысл включить в модель один из показателей сахаристости свеклы, так как эти величины дублируют друг друга при количественном описании взаимосвязи.

Третья группа факторов производства сахара – величины потерь при производстве сахара. Это потери при хранении и транспортировке, X_6, %; фактические потери сахара в производстве, X_7, %; фактическое содержание сахара в мелассе, X_8, %. Коэффициенты корреляции этих факторов с выходом сахара составили $r_{yx6} = -0{,}52$; $r_{yx7} = -0{,}44$; $r_{yx8} = -0{,}50$. Коэффициенты межфакторной корреляции показателей потерь в производстве: $r_{x6x7} = 0{,}40$; $r_{x6x8} = 0{,}46$; $r_{x7x8} = 0{,}35$. Теснота взаимосвязи этих факторов друг с другом почти такая же, как и с результирующим признаком выхода сахара. При построении регрессионной модели формирования результата производства сахара целесообразно включать в модель один из показателей потерь сахара в производстве.

Четвертая группа факторов производства сахара – величины расхода топлива и вспомогательных материалов: фактический расход условного топлива, X_9, %; фактический расход известкового камня, X_{10}, %. Коэффициенты корреляции данных факторов с выходом готовой продукции: $r_{yx9} = -0{,}11$; $r_{yx10} = -0{,}18$. Коэффициент межфакторной корреляции между данными величинами составил $r_{x6x7} = 0{,}65$, факторы коллинеарны. Следовательно, необходимо включить в модель только один из этих факторов.

4. Модель регрессии основных показателей производства сахара на выход готовой продукции.

По результатам анализа тесноты взаимосвязи величины выхода сахара и технико-экономических факторов, формирующих этот показатель, выполнена процедура построения модели, описывающей эту взаимосвязь в форме линейной модели множественной регрессии:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + ...\alpha_m X_m + \varepsilon, \qquad (4)$$

где ε – случайный компонент модели регрессии.

Было построено несколько моделей регрессии, в которых использовались разные комбинации из четырех групп раннее выделенных факторов производства. Фактически исследовалась четырехфакторная модель регрессии результата производства. Коэффициенты модели оценивались методом наименьших квадратов (МНК) [6]. Для каждой построенной модели определялся коэффициент детерминации и оценивалась значимость параметров модели на основе t-статистики Стьюдента. Окончательный выбор наилучшей модели из

рассмотренных осуществлялся с использованием информационных критериев Акаике (AIC) и Шварца (BIC) [6, 7].

Проведенный анализ показал, что наилучшие результаты количественного описания влияния основных факторов производства на выход товарного сахара продемонстрировала комбинация величин среднесуточной производительности, X_1, т; сахаристости свекловичной стружки, X_5, %; фактических потерь сахара в производстве, X_7, %; фактического расхода условного топлива, X_9, %. Коэффициенты и основные показатели анализа построенной модели регрессии приведены в таблице.

Таблица

Результаты анализа модели регрессии факторов производства на выход сахара.

Фактор производства сахара	**Коэффициент модели**	**Стандартная ошибка коэффициента**	**t-статистика**	**P-значение для оценки значимости фактора производ-ства**
Среднесуточная производительность, X1, т	−7,02 E-05	1,21E-05	−5,758	<0,0001
Сахаристость свекловичной стружки, X5, %	0,953368	0,0118075	80,74	<0,0001
Фактические потери сахара в производстве, X7, %	−1,15373	0,0515600	−22,38	<0,0001
Фактический расход условного топлива, X9, %	−0,106975	0,0376212	−2,843	0,0059

Модель регрессии основных факторов производства сахара на величину выхода готовой продукции имеет вид:

$$Y = -7,02 \cdot 10^{-5} X_1 + 0,95 X_5 - 1,15 X_7 - 0,11 X_9 + \varepsilon \qquad (5)$$

Скорректированный коэффициент детерминации полученной модели составил $R^2 = 0,93$, критерии Акаике AIC = 7,23 и Шварца BIC = 1,93 продемонстрировали минимальное значение из всех построенных моделей. Величина P-значения демонстрирует значимость параметров модели, а. следовательно, указывает на значимость включенных в

модель факторов производства сахара на уровне 0,01 (1%). Это свидетельствует о существенном влиянии факторов производства сахара, включенных в построенную модель, на выход товарного сахара.

5. Количественная оценка влияния технико-экономических факторов производства сахара на выход готовой продукции.

Интерпретация построенной модели позволяет на основе истолкования полученных оценок коэффициентов модели оценить влияние технико-экономических факторов производства сахара на результативный признак – выход сахара.

При изменении среднесуточной производительности X_1 на 1 т/сут выход готовой продукции изменится на $7{,}02 \cdot 10^{-5}$ % в среднем при неизменном уровне других технико-экономических факторов. Связь обратная, при увеличении среднесуточной производительности X_1 выход готовой продукции Y будет уменьшаться, при уменьшении среднесуточной производительности X_1 выход готовой продукции Y будет увеличиваться.

При изменении сахаристости свекловичной стружки X_5 на 1 % выход готовой продукции изменится на 0,95% в среднем при неизменном уровне других технико-экономических факторов. Связь прямая, при увеличении сахаристости свекловичной стружки X_5 выход готовой продукции Y будет увеличиваться, при уменьшении сахаристости свекловичной стружки X_5 выход готовой продукции Y будет уменьшаться.

При изменении фактических потерь сахара в производстве X_7 на 1 % выход готовой продукции изменится на 1,15% в среднем при неизменном уровне других технико-экономических факторов. Связь обратная, при увеличении фактических потерь сахара в производстве X_7 выход готовой продукции Y будет уменьшаться, при уменьшении фактических потерь сахара в производстве X_7 выход готовой продукции Y будет увеличиваться.

При изменении фактического расхода условного топлива X_9 на 1% выход готовой продукции изменится на 0,11% в среднем при неизменном уровне других технико-экономических факторов. Связь обратная, при увеличении фактического расхода условного топлива X_9 выход готовой продукции Y будет уменьшаться, при уменьшении фактического расхода условного топлива X_9 выход готовой продукции Y будет увеличиваться.

6. Выводы и рекомендации.

При моделировании для определения влияния технико-экономических факторов на выход готовой продукции показатели

производства сахара в России были сгруппированы в четыре подгруппы по функциональному признаку. Выполнена оценка тесноты взаимосвязи между исследуемыми показателями производства сахара с оценкой значимости. Полученные коэффициенты корреляции продемонстрировали статистическую надежность, значимое отличие от нуля для исследуемого пространственного среза данных. Были выявлены дублирующие друг друга факторы в подгруппах.

С учетом сформированных подгрупп и коллинеарности факторов производства было исследовано несколько моделей. Наилучшие результаты показала линейная модель регрессии включающая факторы среднесуточной производительности, X_1, т; сахаристости свекловичной стружки, X_5, %; фактических потерь сахара в производстве, X_7, %; фактического расхода условного топлива, X_9, %. Данные технико-экономические факторы показывают существенное влияние на выход готовой продукции в производстве сахара в России.

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.

4. Acemoglu, D. The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation / D. Acemoglu, J. Simon, J. A. Robinson // American Economic Review. – 2001. – Vol. 91(5). – P. 1369 – 1401.

5. Пейдж, Скотт. Модельное мышление. Как анализировать сложные явления с помощью математических моделей / Скотт Пейдж. – пер. с англ. Н. Яцюк; [науч. ред И.Красиков, А. Минько]. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. – 528 с.

6. Сток, Джеймс. Введение в эконометрику / Джеймс Сток, Марк Уотсон. – пер. с англ.; под науч. ред. М. Ю. Турунцевой. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 864 с.

7. Дрейпер, Норман. Прикладной регрессионный анализ / Норман Дрейпер, Гарри Смит. – 3-е изд.: пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2017. – 912 с.

Прогностическая модель высоты нижней границы слоистой облачности

А. А. Громковский e-mail: aag68@bk.ru
Л. Н. Костылева e-mail: kostyleva12@yandex.ru
Б. В. Мозиков

ФГКВОУ ВО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *На основе анализа автокорреляции ряда наблюдений проведена структурная идентификация и построены прогностические модели высоты нижней границы слоистой облачности. Проведен анализ значимости параметров моделей для выявления причинно-следственных связей исследуемого ряда метеорологических наблюдений. Изучена возможность использования подхода выявления внутренней структуры временного ряда наблюдений для построения прогностической модели. Проведена оценка стационарности ряда наблюдений исследуемой метеорологической величины для проверки возможности использования построенных моделей в приближении стационарности.*

Ключевые слова: *Моделирование, прогнозирование, временные ряды метеорологических величин, стационарность временного ряда, оценивание параметров прогностической модели, анализ модели.*

Введение

Показатель высоты нижней границы слоистой облачности (ВНГО) имеет важное значение для прогностического обеспечения полетов авиации. Краткосрочный прогноз данной метеорологической величины можно осуществлять на основе прогностической модели. Такая модель может быть построена с применением методов анализа временных рядов наблюдений метеорологической величины. В данной работе предлагается строить прогностическую модель на основе выявления внутренней закономерности развития ряда наблюдений метеорологической величины. Структурная идентификация прогностической модели реализуется на основе анализа автокорреляции уровней ряда наблюдений путем построения выборочной автокорреляционной функции (ACF) и частной автокорреляционной функции (PACF) с анализом и выбором подходящих соотношений из заданного набора зависимостей [1-3]. После спецификации

© Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мозиков Б. В., 2021

прогностической модели проводится оценивание ее параметров [4]. Выбор наилучшей модели осуществляется на основе критериев качества, которыми в метеорологических приложениях являются оценки погрешности модели. Корректная реализация прогностической модели определяется стационарностью (нестационарностью) исследуемого ряда наблюдений [5-7].

1. Спецификация прогностической модели

Построение прогноза высоты нижней границы слоистой облачности целесообразно реализовать на основе итерационного подхода к построению прогностических моделей. В основу такого способа прогнозирования положена методика Бокса-Дженкинса [2]. Данная методика предполагает определение прогнозируемого значения исследуемой метеорологической величины на основе нескольких предыдущих значений данной величины (модель авторегрессии, AP(n)), либо на основе предыдущих значений случайной компоненты модели и среднего значения прогнозируемой величины (модель скользящего среднего, CC(m)), либо комбинации предыдущих значений прогнозируемой величины и случайных компонент (модель авторегрессии и скользящего среднего, APCC(n, m)). Порядок прогностической модели n и m определяется количеством уровней ряда, используемых для построения прогноза. Итерационность подразумевает 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 [5].

Прогностическая модель высоты нижней границы слоистой облачности строилась на основе архивной выборочной совокупности объемом 11432 наблюдения. Исходными данными служили наблюдения данной метеорологической величины за 2015 – 2019 годы для метеопункта Воронеж. Формирование исходной выборочной совокупности осуществлялось с учетом специфики прогнозируемой метеорологической величины. Для определения критериев успешности прогностических моделей использовалась контрольная выборочная совокупность, сформированная методом случайного отбора на основе архивной выборочной совокупности в соотношении один к трем, объемом 3810 наблюдений.

Структурная идентификация прогностических моделей высоты нижней границы слоистой облачности проводилась на основе автокорреляционной функции (ACF) (рис. 1) и частной автокорреляционной функции (PACF) ряда значений исследуемой

метеорологической величины (рис. 2). На графике PACF ВНГО выделяются выбросы на первом и втором лагах.

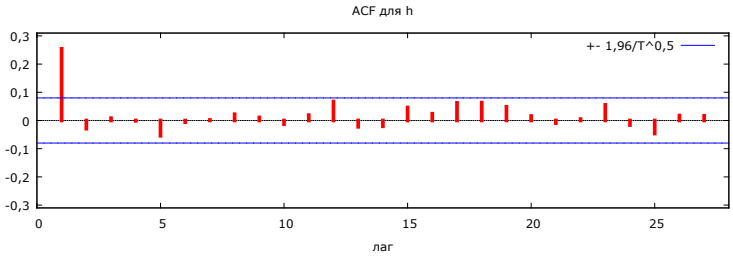


Рис. 1. График ACF ряда наблюдений высоты нижней границы слоистой облачности

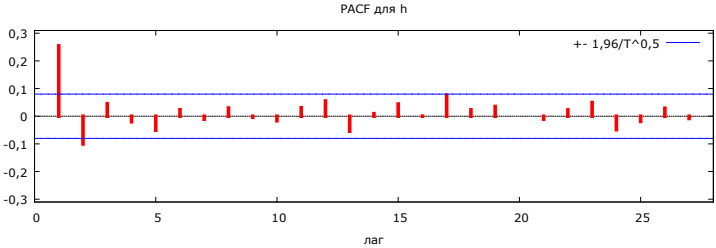


Рис. 2. График PACF ряда наблюдений высоты нижней границы слоистой облачности

График ACF показывает быстрое затухание. Анализ автокорреляции ряда наблюдений высоты нижней границы слоистой облачности позволяет сделать вывод о целесообразности рассмотрения зависимости авторегрессии (АР) первого, второго и более высоких порядков, зависимости скользящей средней (СС) первого, второго порядков. Анализ автокорреляции ряда наблюдений указывает также на целесообразность рассмотрения комбинированной модели авторегрессии и скользящего среднего первого порядка АРСС(1;1).

2. Оценивание параметров прогностических моделей

Параметры специфицированных прогностических моделей оценивались методом максимального правдоподобия [3]. Были построены следующие прогностические модели высоты нижней границы слоистой облачности y_t: соотношения (1) – (6) отражают

модели авторегрессии, формулы (7) – (9) модель скользящей средней, формула (10) – комбинированная модель АРСС.

$$y_t = 0,901 y_{t-1} + \varepsilon \quad (1)$$

$$y_t = 0,510 y_{t-1} + 0,432 y_{t-2} + \varepsilon \quad (2)$$

$$y_t = 0,404 y_{t-1} + 0,306 y_{t-2} + 0,246 y_{t-3} + \varepsilon \quad (3)$$

$$y_t = 0,354 y_{t-1} + 0,246 y_{t-2} + 0,166 y_{t-3} + 0,197 y_{t-4} + \varepsilon \quad (4)$$

$$y_t = 0,308 y_{t-1} + 0,205 y_{t-2} + 0,107 y_{t-3} + 0,112 y_{t-4} + \\ +0,240 y_{t-5} + \varepsilon \quad (5)$$

$$y_t = 0,264 y_{t-1} + 0,185 y_{t-2} + 0,087 y_{t-3} + 0,074 y_{t-4} + \\ +0,185 y_{t-5} + 0,180 y_{t-6} + \varepsilon \quad (6)$$

$$y_t = 202,7 - 0,662 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon \quad (7)$$

$$y_t = 202,5 - 0,730 \varepsilon_{t-1} - 0,516 \varepsilon_{t-2} + \varepsilon \quad (8)$$

$$y_t = 203,6 - 0,804 \varepsilon_{t-1} - 0,714 \varepsilon_{t-2} - 0,402 \varepsilon_{t-3} + \varepsilon \quad (9)$$

$$y_t = 0,997 y_{t-1} - 0,859 \varepsilon_{t-1} + \varepsilon \quad (10)$$

3. Анализ прогностических моделей высоты нижней границы слоистой облачности

Для проведения дальнейшего исследования построенных прогностических моделей была проведена оценка значимости их параметров на основе проверки статистических гипотез с использованием t-статистики критерия Стьюдента [5, 7]. Основная гипотеза H_0 – о незначимости оцениваемого параметра модели, альтернативная гипотеза H_1 – о значимости параметра. При уровне значимости $\alpha = 0,01$ коэффициенты при уровнях ряда наблюдений y_{t-3} и y_{t-4} прогностической модели АР(6) являются незначимыми. При последующем увеличении порядка зависимости авторегрессии получаются модели с незначимыми параметрами. Параметры других построенных прогностических моделей на уровне $\alpha = 0,01$ демонстрируют статистическую значимость. В результате процедуры оценивания получены статистически значимые, надежные оценки параметров прогностических моделей высоты нижней границы слоистой облачности.

Следующим этапом анализа построенных прогностических моделей высоты нижней границы слоистой облачности была оценка их погрешности. На основе ряда наблюдений контрольной выборочной совокупности для каждой модели были определены: средняя абсолютная ошибка (САО), средняя квадратичная ошибка (СКО), средняя ошибка аппроксимации (СОА). Формулы (11) – (13) демонстрируют соответствующие расчетные зависимости.

$$CAO = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|y_t - \hat{y}_t\right| \tag{11}$$

$$CKO = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_t - \hat{y}_t\right)^2} \tag{12}$$

$$COA = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t}\right|100 \tag{13}$$

Результаты оценки погрешностей прогностических моделей высоты нижней границы слоистой облачности представлены в табл. 1.

Таблица 1

Погрешности прогностических моделей высоты нижней границы слоистой облачности.

Модель	АР(1)	АР(2)	АР(3)	АР(4)	АР(5)	АР(6)
САО, м	48,4	45,8	44,6	42,5	62,0	61,9
СКО, м	64,2	61,3	59,5	57,1	45,8	55,5
САО, %	45,6	43,3	43,6	43,5	43,3	43,1
Модель	СС(1)	СС(2)	СС(3)	АРСС (1;1)		
САО, м	51,7	51,5	51,4	51,5		
СКО, м	38,9	38,7	38,9	37,8		
САО, %	53,8	51,4	48,3	42,3		

Из табл. 1 видно, что при анализе моделей авторегрессии, скользящей средней, авторегрессии-скользящей средней по величинам САО, СКО и СОА минимальную оценку погрешности демонстрирует прогностическая модель авторегрессии-скользящей АРСС(1; 1).

4. Анализ стационарности ряда наблюдений высоты нижней границы слоистой облачности

Прогностические модели высоты нижней границы слоистой облачности построены при условии стационарности рассматриваемого временного ряда метеорологических наблюдений данного показателя.

Проверка корректности такого приближения для построенных прогностических моделей предполагает оценку стационарности исследуемого временного ряда. Были получены соответствующие характеристические уравнения моделей.

Характеристическое уравнение модели АР(1):

$$1 - 0{,}901z = 0 . \quad (14)$$

Характеристическое уравнение модели АР(2):

$$1 - 0{,}510z - 0{,}432z^2 = 0 . \quad (15)$$

Характеристическое уравнение модели АР(3):

$$1 - 0{,}404z - 0{,}306z^2 - 0{,}246z^3 = 0 . \quad (16)$$

Характеристическое уравнение модели АР(4):

$$1 - 0{,}354z - 0{,}246z - 0{,}166z^3 - 0{,}197z^4 = 0 . \quad (17)$$

Характеристическое уравнение модели АР(5):

$$1 - 0{,}308z - 0{,}205z^2 - 0{,}107z^3 - 0{,}112z^4 - 0{,}240z^5 = 0 . \quad (18)$$

Характеристическое уравнение модели АР(6):

$$1 - 0{,}264z - 0{,}185z^2 - 0{,}087z^3 - 0{,}074z^4 - 0{,}185z^5 - 0{,}180z^6 = 0 . \quad (19)$$

Характеристическое уравнение модели СС(1):

$$1 + 0{,}662z = 0 . \quad (20)$$

Характеристическое уравнение модели СС(2):

$$1 + 0{,}730z + 0{,}516z^2 = 0 . \quad (21)$$

Характеристическое уравнение модели СС(3):

$$1 + 0{,}804z + 0{,}714z^2 + 0{,}402z^3 = 0 . \quad (22)$$

Характеристическое уравнение модели АРСС(1; 1):

$$1 - 0{,}138z = 0 . \quad (23)$$

Для полученных характеристических уравнений были найдены корни, которые приведены в табл. 2-4.

Таблица 2

Модули корней характеристических уравнений прогностических моделей авторегрессии высоты нижней границы слоистой облачности.

Корень	АР(1)	АР(2)	АР(3)	АР(4)	АР(5)	АР(6)
1	1,110	1,041	1,025	1,017	1,011	1,007
2		2,222	1,991	1,722	1,406	1,554
3			1,991	1,703	1,406	1,299
4				1,703	1,446	1,299
5					1,446	1,452
6						1,452

Таблица 3

Модули корней характеристических уравнений прогностических моделей скользящей средней высоты нижней границы слоистой облачности.

Корень	СС(1)	СС(2)	СС(3)
1	1,510	1,392	1,531
2		1,392	1,275
3			1,275

Таблица 4

Модули корней характеристических уравнений прогностических моделей авторегрессии-скользящей средней высоты нижней границы слоистой облачности.

Корень	АРСС(1; 1)
АР	1,001
СС	1,042

Из табл. 2-4 видно, что корни характеристических уравнений всех рассматриваемых прогностических моделей высоты нижней границы слоистой облачности находятся вне круга единичного радиуса. Данный результат указывает на выполнение требований стационарности временного ряда значений исследуемой метеорологической величины, так как корни характеристического уравнения прогностической модели по модулю больше единицы [2, 6, 7]. Для исследуемого временного ряда наблюдений высоты нижней границы слоистой облачности возможно корректное использование модели авторегрессии-скользящей средней для построения прогноза в рамках временного интервала наблюдений в приближении стационарности.

Заключение.

Модели, основанные на выявлении закономерности развития временного ряда наблюдений метеорологической величины могут применяться как для стационарных данных, так и для нестационарных [1, 2, 5]. Корректность использования модели для прогнозирования определяется стационарностью исходных данных. В случае нестационарности ряда наблюдений необходимо применять специальные процедуры сведения ряда к стационарному. Для исследуемого ряда наблюдений высоты нижней границы слоистой облачности прогностические модели строились на основе непосредственных данных наблюдений метеорологической величины. Исследование стационарности ряда наблюдений показало возможность использования итерационных прогностических моделей внутренней закономерности (авторегрессия, скользящее среднее, комбинированная модель) для высоты нижней границы слоистой облачности на основе данных непосредственных наблюдений метеорологической величины.

Список литературы

1. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 976. – 756 с.

2. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М.: Мир, 1974. кн. 2. – 197 с.

3. Hamilton, J. D. Time Series Analysis / J. D. Hamilton. – Princeton.: Princeton University Press, 1994. – 816 p.

4. Maddala, G. S. Unit Roots, Cointegration and Structural Change / G. S. Maddala, I. M. Kim. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 505 p.

5. Дружинин В.С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / В.С. Дружинин, А.В. Сикан. – СПб.: изд. РГГМУ, 2001. – 168 с.

6. 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.

7. 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.

Анализ алгоритма определения координат и угловой ориентации подвижного объекта при детерминированном подходе

А. В. Данилова, email: danilova-anyav@mail.ru
Е. Ю. Морозов, email: morozov_e@cs.vsu.ru

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *Проведена проверка работоспособности двух моделей определения координат и угловой ориентации подвижного объекта по данным, полученным в результате реальных экспериментов. Показано, что первая модель с использованием трёх радиоориентиров даёт приемлемую в условиях эксперимента точность, а вторая – требует доработки. Выявлено, что при отсутствии непрерывного мониторинга подвижного объекта могут появляться ложные решения, что обусловлено нелинейностью исходной задачи.*

Ключевые слова: *азимутально-угломестное радиопеленгование, пространственная ориентация, декартова система координат, курс, тангаж, крен, матрица вращения, анализ данных.*

Введение

В настоящее время задача определения координат и угловой ориентации подвижных объектов в воздухе, на суше и в море решается с помощью глобальных спутниковых радионавигационных систем (GPS NAVSTAR или ГЛОНАСС). В работах [1] и [2] были предложены и исследованы различные теоретические способы нахождения пространственных параметров подвижных объектов с помощью азимутально-угломестного пеленгования. Данная работа посвящена практической части исследования, представленного в [1] и [2], а именно анализу данных, полученных в результате натурного эксперимента.

1. Описание модели и постановка задачи

Пусть N радиоориентиров размещены в i-х точках M_i пространства (где $i = 1,\mathsf{K}\,,N$) с известными координатами $M_i\left(x_i, y_i, z_i\right)$ в нормальной земной системе координат (НЗСК). Подвижный объект находится в точке M_0 с неизвестными координатами $M_0\left(x, y, z\right)$, а его угловая ориентация определяется тремя неизвестными углами Эйлера: углами курса ψ, крена μ и тангажа ϑ. В результате азимутально-

© Данилова А. В., Морозов Е. Ю., 2021

угломестного радиопеленгования реперного источника M_i, определяются углы азимута (α_i) и угла места (ε_i) в связанной системе координат подвижного объекта. Необходимо определить минимальное количество радиоориентиров M_i, при котором представляется возможным однозначно найти координаты $M_0(x, y, z)$ и угловую ориентацию (углы ψ, μ и ϑ) подвижного объекта.

Детерминированный подход к определению координат и пространственной ориентации подвижного объекта, описанный в работах [1] и [2], заключается в следующем:

1. Нахождение совокупности расстояний от фазового центра (ФЦ) бортовой пеленгаторной антенны (БПА) до радиоориентиров;
2. Определение координат подвижного объекта;
3. Нахождение матрицы вращения и связанных с нею углов Эйлера, определяющих угловую ориентацию БПА.

В статье [1] были рассмотрены два варианта локальной угломерной навигационной системы, которые представляют наибольший интерес – случай с тремя наземными ориентирами и случай с дополнительным, четвертым, радиоориентиром. В обоих случаях ключевым является решение следующей системы нелинейных уравнений на нахождение расстояний l_1, l_2 и l_3 от ФЦ БПА до радиоориентиров:

$$\begin{cases} l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos\alpha_{12} = d_{12}^2 \\ l_1^2 + l_3^2 - 2l_1 l_3 \cos\alpha_{13} = d_{13}^2 \\ l_2^2 + l_3^2 - 2l_2 l_3 \cos\alpha_{23} = d_{23}^2 \end{cases} \quad (1)$$

Координаты в таком случае находятся из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2 = \ell_1^2 \\ (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2 = \ell_2^2 \\ (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2 = \ell_3^2 \end{cases} \quad (2)$$

В первом случае (рис. 1) оказалось, что аналитическое решение системы (1) хотя и возможно, но чрезвычайно неустойчиво и непригодно для использования в реальных системах. Поэтому, для решения этой системы был использован метод Ньютона для систем нелинейных уравнений. Нахождение координат и угловой ориентации может производиться аналитически, по явным формулам.

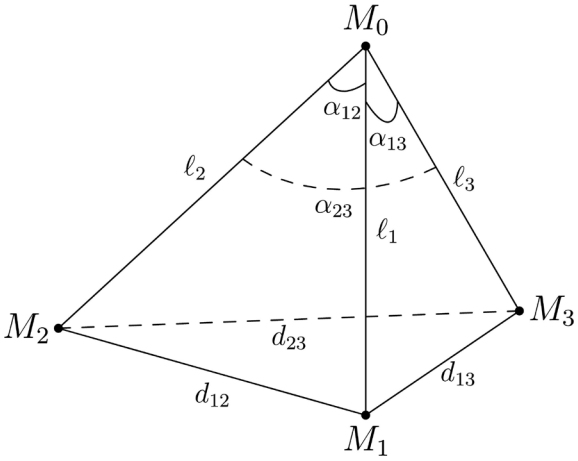


Рис. 1. Схема размещения в пространстве трех радиоориентиров и фазового центра БПА

В случае с дополнительным РО система уравнений (1) решается аналитически благодаря избыточной информации, приходящей от радиоориентира M_4 (рис. 2).

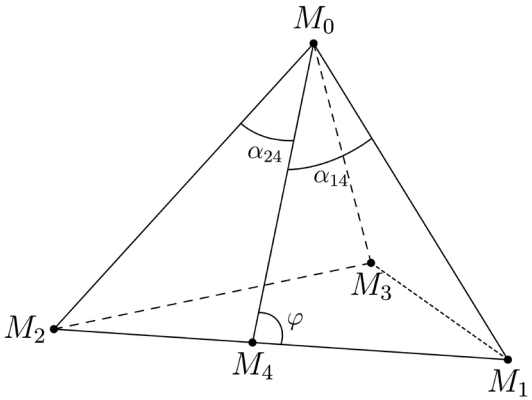


Рис. 2. Схема размещения в пространстве четырех радиоориентиров и фазового центра БПА

2. Описание эксперимента

На беспилотный летательный аппарат (БПЛА) вертолетного типа, помещенный в центре окружности радиусом 50 м, была установлена

фазированная антенная решетка, позволяющая проводить азимутально-угломестное пеленгование радиоориентиров. БПЛА также был оснащен бортовыми системами навигации. Четыре реперные точки, оснащенные источниками электромагнитного излучения, были настроены на опорные частоты и установлены на местности. Конкретные значения координат и частот излучения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры радиоориентиров

Радиоориентир	Координаты, м	Частота, МГц
M1	(-80, 0, 0)	2251
M2	(40, -69.3, 0)	2255
M3	(40, 69.3, 0)	2253
M4	(150, 0, 0)	2254

Помимо этого, по координатам (200, 0, 0) был поставлен тестовый генератор M_5, с каждым отсчетом увеличивавший частоту своего излучения на 25 МГц, начиная с 300 МГц. Схема экспериментальной установки изображена на рис. 3.

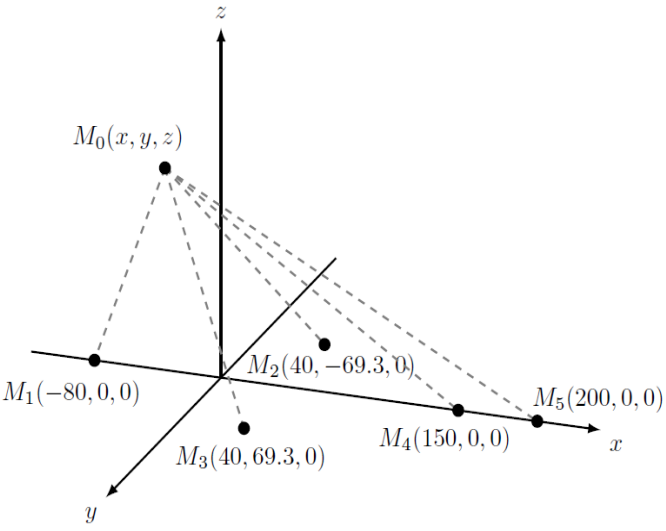


Рис. 3. Схема проведения эксперимента

Эксперимент заключался в следующем: БПЛА поднимался на высоту до 65 м и каждые 10 мс производилась серия из пяти измерений

азимутов и углов места всех радиоориентиров. Помимо этого, происходило измерение координат и угловой ориентации БПЛА с помощью бортовых навигационных систем. Все эти данные (а также частоты тестового генератора) записывались в хранилище данных. После этого, с помощью алгоритмов, описанных в [1] и [2], определялась пространственная ориентация БПЛА. Всего было проведено два таких эксперимента.

3. Анализ экспериментальных данных

Для анализа данных была написана программа, реализующая алгоритмы определения координат и пространственной ориентации БПЛА и определяющая местоположение тестового генератора (ТГ). Ошибка определения позиции ТГ использовалась при оценке точности применяемых методов. Пример данных приведён в табл. 2, содержащей выборку значений из тех, при которых СКО ТГ было меньше пяти метров.

Таблица 2

Фрагмент отсчетов с СКО определения местоположения ТГ, меньшим 5 метров

Отсчет	Частота, ГГц	БПЛА Z, м	ТГ ΔX, м.	ТГ ΔY, м.
240	0,9	56,376	-0,659	-0,891
244	0,9	55,307	-2,069	-0,526
254	0,925	57,017	4,509	0,813
294	1,025	59,089	-3,102	0,708
374	1,225	57,991	-4,553	-0,806
410	1,325	58,026	-1,302	2,266
414	1,325	57,569	-0,374	2,345
420	1,35	57,147	-3,086	-1,336
430	1,375	54,899	-3,46	-1,304
434	1,375	54,21	-4,071	-1,635
464	1,45	53,709	-1,738	2,543
494	1,525	47,688	-3,408	-0,488
500	1,55	48,237	-0,025	-3,424

При реализации алгоритмов было обнаружено несколько особенностей. Во-первых, тестовые данные показали, что на реальных данных формулы (6) – (8) из [1] для решения оказываются несостоятельными вследствие накопления ошибки при арифметических операциях. Поэтому решение системы уравнений (2) в вычислительной программе производилось с помощью метода Ньютона для систем

нелинейных уравнений. В качестве начального приближения использовались координаты, рассчитанные для предыдущих измерений. Для самого первого отсчета использовалась точка (0, 0, 50).

Во-вторых, в ходе эксперимента, местоположение БПЛА отклонялось от ожидаемого из-за погодных условий и БПЛА оказывался над радиоориентиром M_4, что сказывалось на точности пеленгования данного радиоориентира. В частности, выяснилось, что формулы для расчета расстояний l_1, l_2 и l_3 не являются устойчивыми в условиях реальных данных и в большинстве случаев не могут быть использованы для решения задачи. Поэтому было принято решение по доработке модели с четырьмя радиоориентирами.

В-третьих, на БПЛА была размещена плоская фазированная антенная решетка, что негативно повлияло на точность данных. Кроме этого, масштаб размещения РО вместе с погодными условиями привели к полёту объекта вблизи границ треугольника, образованного радиоориентирами $M_1M_2M_3$. Как известно из [1], в этой зоне возможно появление ложных решений, что и было выявлено с помощью расчетной программы.

Также были произведены сравнительные расчеты алгоритмов из работ [1] и [3]. На одинаковых входных данных алгоритмы показали практически идентичные результаты, однако метод Ньютона из статьи [1] оказался быстрее метода максимального правдоподобия из [3]. Это делает первый алгоритм более предпочтительным при использовании в реальных системах.

Помимо этого, результаты эксперимента показали, что имеет смысл провести исследование системы с четырьмя и более опорными радиоориентирами, но координаты и угловую ориентацию БПЛА определять с помощью модифицированного метода наименьших квадратов (по аналогии со спутниковыми системами). Также, в дальнейшем имеет смысл производить расчеты предложенным в [1] методом сразу для нескольких созвездий радиоориентиров и из них выбирать оптимальное.

Заключение

На основе проведённых расчётов по экспериментальным данным можно сделать следующие выводы:

1. Детерминированный подход к решению задачи определения координат и угловой ориентации бортовой пеленгаторной антенны по результатам радиопеленгования радиоориентиров в случае трёх точек показал свою принципиальную состоятельность, а в случае четырёх точек – необходимость доработки.

2. На проведение натурных экспериментов большое влияние оказывает геометрическое расположение РО.

3. При отсутствии мониторинга БПЛА вблизи границ треугольника, образованного РО, возможно появление ложного решения.

4. Плоская фазированная решётка, использованная на БПЛА, даёт в некоторых случаях высокую погрешность экспериментальных данных, поэтому для дальнейшего анализа алгоритмов, предложенных авторами, требуются натурные эксперименты как с другой геометрией расположения РО, так и с объёмной фазированной решёткой

В связи с этим, можно сформулировать дальнейшие шаги исследования:

5. Разработка программного комплекса, позволяющего моделировать различные конфигурации взаимного расположения РО и БПЛА.

6. Исследование возможности использования модифицированного метода наименьших квадратов для более надежного определения координат и угловой ориентации БПЛА.

Список литературы

1. Виноградов А. Д. Детерминированный подход к решению задачи определения координат и угловой ориентации бортовой пеленгаторной антенны по результатам радиопеленгования радиоориентиров / А. Д. Виноградов, Л. А. Минин, Е. Ю. Морозов, Ушаков С. Н // Информационно-измерительные и управляющие системы – 2019. – Т. 17. – № 2. – С. 5-23.

2. Виноградов А. Д. Локальные угломерные системы определения координат и угловой ориентации бортовых пеленгаторных антенн / А. Д. Виноградов, Л. А. Минин, Е. Ю. Морозов, С. Н. Ушаков // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2019. . – Т. 24. – № 4. – С. 46-53.

3. Виноградов А. Д. Максимально правдоподобный алгоритм определения координат и угловой ориентации бортовой пеленгаторной антенны по результатам радиопеленгования реперных источников радиоизлучения / А. Д. Виноградов, А. Ю. Востров, И. С. Дмитриев // Радиолокация, навигация, связь: сборник трудов 25-й Международной научно-технической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения А.С. Попова. – 2019. – Т. 4. – С. 17-32.

Анализ и синтез маршевых тестов запоминающих устройств

Д. В. Деменковец, email: demenkovets@bsuir.by [1]
В. А. Леванцевич, email: lvn@bsuir.by [2]

[1,2] Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *В статье показывается актуальность тестирования запоминающих устройств современных вычислительных систем. Представляются математические модели сложных кодочувствительных неисправностей типа PNPSFk, на базе классических маршевых тестов. Определяется понятие примитива, обеспечивающего условия активизации и обнаружения различных видов PNPSFk. Синтезируется маршевый тест March OP характеризующийся максимальной полнотой покрытия неисправностей PNPSFk по сравнению с известными маршевыми тестами, обеспечивающими такую же полноту покрытия сложных неисправностей запоминающих устройств.*

Ключевые слова: *тестирование вычислительных систем, неисправности памяти, кодочувствительные неисправности, маршевые тест.*

Введение

Проблема тестирования запоминающих устройств современных вычислительных систем, таких как встроенные системы (embedded systems), системы на кристалле (systems-on-a-chip) и сети на кристалле (nets-on-a-chip) является весьма актуальной задачей [1–3]. Для подобных вычислительных систем характерным является неуклонное увеличение емкости их запоминающих устройств, удельный вес которых достигает 94%, занимаемой системой площади кристалла [4, 5]. Наряду с увеличением емкости запоминающих устройств возрастают требования к их надежности, что достигается применением эффективных методов тестового диагностирования [6].

Тестирование запоминающих устройств с целью обнаружения различных их неисправностей предполагает запись в запоминающее устройство всевозможных его состояний и их считывание, что приводит к большой сложности теста, так как сложность самой тестовой процедуры пропорциональна величине 2^N, где N – емкость памяти в битах. Поэтому в настоящее время широко применяются на практике и

© Деменковец Д. В., Леванцевич В. А., 2021

по-прежнему разрабатываются тесты, которые имеют существенно меньшую сложность, как правило, линейно зависящую от емкости памяти N [6]. Подобные тесты имеют общее название маршевые тесты (march tests) и доминируют в практических приложениях [7, 8].

В общем случае маршевый тест состоит из конечного числа маршевых элементов (march elements) [6-11]. В свою очередь, каждый маршевый элемент содержит символ, определяющий порядок формирования адресной последовательности (address sequence) для тестируемого запоминающего устройства, где символ $\Uparrow$ определяет последовательный перебор адресов памяти по возрастанию, символ $\Downarrow$ определяет последовательный перебор адресов по убыванию и сочетание двух символов $\Uparrow\Downarrow$ означает формирование адресов по убыванию либо по возрастанию. Следует отметить, что убывающая последовательность адресов $(\Downarrow)$ представляет собой последовательность, которая формируется в обратном порядке по сравнению с возрастающей последовательностью $(\Uparrow)$. Маршевый элемент содержит последовательность операций чтения $(read - r)$ и записи $(write - w)$, заключенных в круглые скобки и разделяемых точкой с запятой. Каждая операция представляет собой элемент из следующего набора: $r0$ – операция чтения содержимого запоминающего элемента (ячейки) с ожидаемым значением 0, $r1$ – операция чтения с ожидаемым значением 1, $w0$ – операция записи 0 в ячейку памяти, $w1$ – операция записи 1 в ячейку. Переход к следующей ячейке осуществляется только после выполнения всех операций в текущем маршевом элементе [6–11]. Для примера рассмотрим простейший маршевый тест Scan, который имеет следующий вид: $\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow\Downarrow(r0);\Uparrow\Downarrow(w1);\Uparrow\Downarrow(r1)\}$. Данный тест состоит из четырех маршевых элементов и имеет сложность $4N$. Первый маршевый элемент $\Uparrow\Downarrow(w0)$ называется фазой инициализации (initialization phase), применяемой для записи начального состояния (background) запоминающего устройства. Остальные три фазы теста $\Uparrow\Downarrow(r0)$, $\Uparrow\Downarrow(w1)$, $\Uparrow\Downarrow(r1)$ являются основными фазами, обеспечивающими обнаруживающую способность данного теста. Таким образом, элементы маршевого теста, а именно, их вид, количество и порядок использования в тесте и определяют эффективность теста обнаруживать различные неисправности памяти.

Целью данной работы является анализ эффективности маршевых тестов обнаруживать сложные кодочувствительные неисправности памяти, а также разработка нового маршевого теста минимальной сложности.

1. Математическая модель неисправностей запоминающих устройств

Неисправности, затрагивающие несколько ячеек памяти, называются кодочувствительными неисправностями (pattern sensitive faults (PSF)) [6]. Для подобных неисправностей логическое состояние одной ячейки ЗУ, называемой базовой (base cell), может зависеть от содержимого (0 или 1) или от логических переходов из 1 в 0 или из 0 в 1 соседних ячейках (neighborhood cells) ЗУ. Различают два вида кодочувствительных неисправностей: неограниченные (unrestricted) и ограниченные (restricted), или граничные (neighborhood (NPSF)) кодочувствительные неисправности. Среди граничных неисправностей выделяют пассивные кодочувствительные неисправности (passive NPSF (PNPSF)). Для данных неисправностей состояние базовой ячейки не может быть изменено для определенного кода в $k-1$ соседних ячейках [3, 6, 8]. В качестве объекта исследования, чаще всего, рассматриваются пассивные кодочувствительные неисправности (PNPSFk), где k обозначает количество произвольных ячеек ЗУ емкостью N бит участвующих в конкретной неисправности.

Выделяют k различных классов PNPSFk в зависимости от местоположения в адресном пространстве памяти базовой ячейки (b) по отношению к соседним ячейкам (n). Например, для $k=4$ существует четыре класса PNPSF4: $b_{i0}n_{i1}n_{i2}n_{i3}$; $n_{i0}b_{i1}n_{i2}n_{i3}$; $n_{i0}n_{i1}b_{i2}n_{i3}$; $n_{i0}n_{i1}n_{i2}b_{i3}$, где адреса ячеек в адресном пространстве имеют следующее соотношение $i0<i1<i2<i3$. Каждый класс включает две PNPSFk в зависимости от состояния базового элемента, которое не может быть изменено. Например, классу $n_{i0}n_{i1}b_{i2}n_{i3}$ неисправности PNPSF4, наряду с другими неисправностями, принадлежат следующие их конкретные виды: $\langle 1,1,\uparrow,0\rangle, \langle 0,0,\uparrow,1\rangle, \langle 1,1,\downarrow,0\rangle, \langle 0,0,\downarrow,1\rangle$. В соседних ячейках возможны любые из $2k-1$ двоичных наборов, каждый из которых определяет конкретные два неисправных поведения базовой ячейки. Символы $\uparrow$ и $\downarrow$ в PNPSFk неисправности означают невозможность выполнения соответствующего перехода из нуля в единицу $(\uparrow)$ и наоборот $(\downarrow)$. Общее количество PNPSFk относящихся к k ячейкам ЗУ определяется формулой:

$$2k \times 2^{k-1} = k \times 2^{k} \qquad (1)$$

2. Эффективность обнаружения кодочувствительных неисправностей маршевыми тестами

Развитие методов многократного применения маршевых тестов, с изменяемыми начальными состояниями ячеек памяти и адресной последовательностью, привели к появлению псевдоисчерпывающих тестов памяти [12]. Сущность подобных тестов заключается в формировании в произвольных k из N ячейках памяти всевозможных $2k$ двоичных комбинаций. Основой эффективности таких тестов является формирования различных видов орбит, представляющих собой набор двоичных комбинаций в произвольных k из N ячейках памяти. В рамках маршевых тестов возможным является формирование 8 видов орбит, представленных в табл. 1 и 2.

При описании предыдущей и текущей фаз теста, приведенных в табл. 1 и 2, показана последняя операция записи в фазе, после которой могут быть только операции чтения. В текущей фазе также показана первая операция записи, перед которой возможно использование только операций чтения. Отметим, что орбиты O_0, O_1, O_2 и O_3 формируются фазами, которые инвертируют содержимое запоминающего устройства. Приведенные орбиты хорошо описывают основные свойства тестов и широко представлено в классических маршевых тестах [12].

Таблица 1

Орбиты, формируемые тестами типа MATS ++ и March C–

Орбита	O_0	O_1	O_2	O_3
Предыдущая фаза теста	(…, $w0$, …)	(…, $w0$, …)	(…, $w1$, …)	(…, $w1$, …)
Фаза теста	⇑(…, $w1$, …)	⇓(…, $w1$, …)	⇑(…, $w0$, …)	⇓(…, $w0$, …)
P_0	000…00	000…00	111…11	111…11
P_1	000…01	100…00	111…10	011…11
P_2	000…11	110…00	111…00	001…11
…	…	…	…	…
P_{k-1}	011…11	111…10	100…00	000…01
P_k	111…11	111…11	000…0	000…00

Таблица 2

Орбиты, формируемые тестами типа March A

Орбита	Q0	Q1	Q2	Q3
Предыдущая фаза теста	(…, w0, …)	(…, w0, …)	(…, w1, …)	(…, w1, …)
Фаза теста	⇑(…, w1, …, w0, …)	⇓(…, w1, …, w0, …)	⇑(…, w0, …, w1, …)	⇓(…, w0, …, w1, …)

Окончание таблицы 2

Орбита	Q0	Q1	Q2	Q3
P0	000…00	000…00	111…11	111…11
P1	000…01	100…00	111…10	011…11
P2	000…10	010…00	111…01	101…11
…	…	…	…	…
Pk−1	010…00	000…10	101…11	111…01
Pk	100…00	000…01	011…11	111…10

Формирование маршевыми тестами различного рода орбит обеспечивает условие активизации многообразных неисправных состояний памяти. Причем выполнение условия генерирования псевдоисчерпывающих комбинаций в произвольных k из N ячейках памяти, с последующей их проверкой, гарантирует 100%-ое обнаружение различных подмножеств неисправностей [3, 12]. Отметим, что для определения конкретной неисправности необходимо выполнение условия ее активизации (sensitization) и ее обнаружения (detection) [6].

В общем случае, для кодочувствительных неисправностей условие активизации будет состоять из операции записи 1 в базовую ячейку, выполняющую переход из 0 в 1, и, наоборот записи 0, осуществляющей переход из 1 в 0, для всех возможных 2^{k-1} состояний в $k-1$ соседних ячейках. После выполнения каждого из переходов необходимо выполнение операции чтения из базовой ячейки, что и будет являться условием обнаружения конкретной неисправности. Причем операция чтения может быть, как в текущей фазе, так и в последующей, важным является то, что между изменением содержимого базовой ячейки (выполнением перехода) и чтением ее содержимого не было промежуточных операций записи. Для случая активных кодочувствительных неисправностей необходимо для базовой ячейки осуществить операции $r0$ и $r1$ при всевозможных изменениях состояний соседних ячеек.

Маршевые тесты MATS+: $\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow(r0,w1);\Downarrow(r1,w0)\}$ и MATS++: $\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow(r0,w1);\Downarrow(r1,w0,r0)\}$ формируют по две одинаковые орбиты O_0 и O_3 обеспечивающие активизацию k неисправностей PNPSFk вида $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$ и k неисправностей вида $\langle 0,0,0,...0,\downarrow,1,1,1,...,1\rangle$. Однако, только MATS++ обеспечивает обнаружение $2k$ неисправностей PNPSFk, так как, в отличие от MATS+ в данном тесте обеспечены условия обнаружения активизированных неисправностей. Операция

чтения $r1$ в третьей фазе $\Downarrow(r1,w0,r0)$ обеспечивает обнаружение неисправностей $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$ активизированных во второй фазе $\Uparrow(r0,w1)$, а операция $r0$ в третьей фазе обнаруживает неисправности $\langle 0,0,0,...0,\downarrow,1,1,1,...,1\rangle$ активизированные в этой же фазе.

Каждая из орбит, представленных в табл. 1, обеспечивает условие активизации конкретного вида PNPSFk, а именно O_0: $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$, $O_1:\langle 1,1,1,...,1,\uparrow,0,0,0,...,0\rangle$, O_2: $\langle 1,1,1,...,1,\downarrow,0,0,0,...,0\rangle$, O_3: $\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,1,1,1,...,1\rangle$. В тоже время, орбиты Q_0, Q_1, Q_2 и Q_3 обеспечивают обнаружение двух видов неисправностей, каждая, а именно орбиты Q_0, Q_1 формируют условие активизации неисправностей $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,0,0,0,...,0\rangle$ и $\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,0,0,0,...,0\rangle$ а Q_2, Q_3 $\langle 1,1,1,...,1,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$ и $\langle 1,1,1,...,1,\downarrow,1,1,1,...,1\rangle$. Анализ орбит, представленных в табл. 1 и 2 и обнаруживаемых с их помощью PNPSFk позволяет сформулировать следующее утверждение.

Утверждение. К множеству обнаруживаемых маршевыми тестами неисправностей PNPSFk относятся, такие их разновидности для которых, в соседних ячейках до базовой ячейки находятся значения все 0, либо все 1, после базовой также находятся одинаковые значения, причем независимо от значений в соседних ячейках до базовой ячейки.

Для случая $k = 4$, к обнаруживаемым неисправностям PNPSF4 относятся неисправности четырех различных классов, представленных в табл. 3. Количество неисправностей, обнаруживаемых данными классами составляет 24, а общее количество возможных неисправностей для данного k согласно (1) равно 64. Остальные 40 неисправностей PNPSF4: $\langle\uparrow,0,0,1\rangle$, $\langle\uparrow,0,1,0\rangle$, $\langle\uparrow,0,1,1\rangle$, … , $\langle 1,1,0,\downarrow\rangle$ относятся к подмножеству не обнаруживаемых однократными маршевыми тестами неисправностей.

Таблица 3

Обнаруживаемые неисправности PNPSF4

Классы *PNPSF*4	Неисправности *PNPSF*4
$b_{i0}\,n_{i1}\,n_{i2}\,n_{i3}$:	$\langle\uparrow,0,0,0\rangle$, $\langle\downarrow,0,0,0\rangle$, $\langle\uparrow,1,1,1\rangle$, $\langle\downarrow,1,1,1\rangle$
$n_{i0}\,b_{i1}\,n_{i2}\,n_{i3}$:	$\langle 0,\uparrow,0,0\rangle$, $\langle 0,\downarrow,0,0\rangle$, $\langle 1,\uparrow,1,1\rangle$, $\langle 1,\downarrow,1,1\rangle$, $\langle 0,\uparrow,1,1\rangle$, $\langle 0,\downarrow,1,1\rangle$, $\langle 1,\uparrow,0,0\rangle$, $\langle 1,\downarrow,0,0\rangle$

Окончание таблицы 3

Классы *PNPSF*4	Неисправности *PNPSF*4
$n_{i0}\,n_{i1}\,b_{i2}\,n_{i3}$:	$\langle 0,0,\uparrow,0\rangle$, $\langle 0,0.\downarrow,0\rangle$, $\langle 1,1,\uparrow,1\rangle$, $\langle 1,1,\downarrow,1\rangle$, $\langle 0,0,\uparrow,1\rangle$, $\langle 0,0,\downarrow,1\rangle$, $\langle 1,1,\uparrow,0\rangle$, $\langle 1,1,\downarrow,0\rangle$
$n_{i0}\,n_{i1}\,n_{i2}\,b_{i3}$:	$\langle 0,0,0,\uparrow\rangle$, $\langle 0,0,0,\downarrow\rangle$, $\langle 1,1,1,\uparrow\rangle$, $\langle 1,1,1,\downarrow\rangle$

В качестве примера рассмотрим случай неисправности $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$. Как было показано выше, для обнаружения данной неисправности необходимо, чтобы предыдущая фаза вида $\Uparrow\Downarrow(...,w0...)$ обеспечила запись во все ячейки нулевых начальных значений. Также, как и в случае орбит, приведенная фаза может иметь произвольный вид при одном ограничении, что последняя операция записи должна быть $w0$, после которой могут применяться только операции чтения. Текущая фаза $\Uparrow(r0,w1)$ обеспечивает условие активизации k неисправностей PNPSFk вида $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$. В последующей фазе $\Uparrow\Downarrow(r1,...)$ операция чтения $r1$ обеспечивает условие обнаружения всех k неисправностей $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$. Применение такого примитива состоящего из трех последовательных фаз $\Uparrow\Downarrow(...,w0...)$, $\Uparrow(r0,w1)$ и $\Uparrow\Downarrow(r1,...)$ гарантирует обнаружение всех k неисправностей вида $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$. В частном случае, приведенный примитив, представляет собой маршевый тест MATS:

$\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow(r0,w1);\Downarrow(r1)\}$.

Следует отметить, что конкретная фаза маршевого теста может участвовать в различных примитивах, однако не более чем в трех. Например, в тесте March C−: $\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow(r0,w1);\Uparrow(r1,w0);\Downarrow(r0,w1);\Downarrow(r1,w0);\Uparrow\Downarrow(r0)\}$ вторая фаза $\Uparrow(r0,w1)$ является предыдущей фазой, третья фаза $\Uparrow(r1,w0)$ – текущей и четвертая $\Downarrow(r0,w1)$ последующей фазой примитива обеспечивающего активизацию и обнаружение неисправности $\langle 1,1,1,...,1,\downarrow,0,0,0,...,0\rangle$. Та же четвертая фаза $\Downarrow(r0,w1)$ является текущей фазой примитива, описывающего обнаружение неисправности $\langle 1,1,1,...,1,\uparrow,0,0,0,...,0\rangle$ и предыдущей в примитиве, соответствующем неисправности

$\left\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,1,1,1,1,...,1\right\rangle$. Все множество примитивов и описываемые ими обнаруживаемые PNPSFk приведены в табл. 4.

Таблица 4

Примитивы, формируемые тестом March C−

Примитив	$\Uparrow\Downarrow(w0)$, $\Uparrow(r0,w1)$, $\Uparrow(r1,w0)$	$\Uparrow(r0,w1)$, $\Uparrow(r1,w0)$, $\Downarrow(r0,w1)$	$\Uparrow(r1,w0)$, $\Downarrow(r0,w1)$, $\Downarrow(r1,w0)$	$\Downarrow(r0,w1)$, $\Downarrow(r1,w0)$, $\Uparrow\Downarrow(r0)$
PNPSFk	⟨0,0,0,…,0,↑, 1, 1,1,…,1⟩	⟨1,1,1,…,1,↓, 0, 0,0,…,0⟩	⟨1,1,1,…,1,↑, 0, 0,0,…,0⟩	⟨0,0,0,…,0,↓, 1, 1,1,…,1⟩

Для конкретного вида PNPSFk неисправностей $\left\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,1,...,1\right\rangle$, примитив, обеспечивающий их обнаружение, может состоять из двух фаз, предыдущей фазы $\Uparrow\Downarrow(w0)$ и текущей $\Uparrow(r0,w1,r1)$ в которой обеспечивается и активизация и обнаружение указанных неисправностей. В обоих случаях минимальная временная сложность примитивов равняется $4N$. Однако с учетом того, что конкретная фаза маршевого теста может участвовать в нескольких примитивах, средняя и суммарная сложности примитивов, описывающая обнаружение более чем одной неисправности PNPSFk, существенно меньше, как это видно на примере теста March C−. Временная сложность данного теста равняется $10N$, а сам тест обнаруживает четыре PNPSFk.

Более сложные примитивы могут обеспечить условия активизации и обнаружения не более чем двух видов PNPSFk. Это следует из того, что текущая фаза может сформировать только два перехода $(\uparrow,\downarrow)$ в базовой ячейке для каждого из четырех состояний в соседних ячейках (см. Утверждение 1). Примером подобного примитива является случай обнаружения двух видов PNPSFk, а именно $\left\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\right\rangle$ и $\left\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,1,1,1,...,1\right\rangle$ состоящим из предыдущей фазы $\Uparrow\Downarrow(...,w0,...)$ и текущей вида $\Uparrow(r0,w1,r1,w0,r0,w1)$. Примитив, представленный фазами $\Uparrow\Downarrow(...,w1,...)$ и $\Downarrow(r1,w0,r0,w1,r1,w0)$, описывает обнаружение этих же неисправностей $\left\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,1,1,1,...,1\right\rangle$ и $\left\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,1,1,1,...,1\right\rangle$. В тоже время два примитива $\Uparrow\Downarrow(...,w0,...)$, $\Downarrow(r0,w1,r1,w0,r0,w1)$ и $\Uparrow\Downarrow(...,w1,...)$ и $\Uparrow(r1,w0,r0,w1,r1,w0)$ обеспечивают обнаружение

следующих двух неисправностей $\langle 1,1,1,...,1,\uparrow,0,0,0,...,0\rangle$ и $\langle 1,1,1,...,1,\downarrow,0,0,0,...,0\rangle$.

Используя два из четырех приведенных примитивов, оказывается возможным построение маршевого теста, имеющего такую же покрывающую способность неисправности PNPSFk, как и тест March C−. Примером такого теста может быть тест $\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow(r0,w1,r1,w0,r0,w1);\Uparrow(r1,w0,r0,w1,r1,w0)\}$, обнаруживающий, так же, как и March C−, четыре неисправности PNPSFk.

Для получения максимально возможной полноты покрытия достижимой в рамках однократного маршевого теста необходимо использовать примитивы, обеспечивающие покрытие PNPSFk соответствующих орбитам Q_0, Q_1, Q_2 и Q_3. Аналогично, как и для случая неисправностей, описываемых орбитами O_0, O_1, O_2 и O_3 получим примитивы, состоящие из двух фаз. Примитив, состоящий из предыдущей фазы $\Uparrow\Downarrow(...,w0,...)$ и текущей $\Uparrow\Downarrow(r0,w1,r1,w0,r0)$ фаз, описывает условия обнаружения неисправностей $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,0,0,0,...,0\rangle$, и $\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,0,0,0,...,0\rangle$, а примитив $\Uparrow\Downarrow(...,w1,...)$ и $\Uparrow\Downarrow(r1,w0,r0,w1,r1)$ неисправностей $\langle 1,1,1,...,1,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$ и $\langle 1,1,1,...,1,\downarrow,1,1,1,...,1\rangle$. Отметим, что в двух предыдущих примитивах обнаружение неисправностей обеспечивается в текущей фазе каждого из них за счет соответствующих операций чтения. В случае первого примитива, состоящего из предыдущей фазы $\Uparrow\Downarrow(...,w0,...)$ и текущей $\Uparrow\Downarrow(r0,w1,r1,w0,r0)$, факт наличия неисправности $\langle 0,0,0,...,0,\uparrow,0,0,0,...,0\rangle$ определяет операция чтения $r1$, а наличие неисправности $\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,0,0,0,...,0\rangle$, вторая операция чтения $r0$ текущей фазы. Присутствие неисправности $\langle 0,0,0,...,0,\downarrow,0,0,0,...,0\rangle$ может быть определено и в последующей фазе, которая должна начинаться с операции чтения $r0$. Соответственно, можно показать, что примитив, состоящий из предыдущей фазы $\Uparrow\Downarrow(...,w0,...)$, текущей фазы $\Uparrow\Downarrow(r0,w1,r1,w0)$ и последующей $\Uparrow\Downarrow(r0)$, обеспечивает ее обнаружение. В тоже время обнаружение неисправностей

$\langle 1,1,1,...,1,\uparrow,1,1,1,...,1\rangle$ и $\langle 1,1,1,...,1,\downarrow,1,1,1,...,1\rangle$ также может быть обеспечено примитивом, состоящим из трех фаз, а именно, предыдущей фазы $\Uparrow\Downarrow(...,w1,...)$, текущей фазы $\Uparrow\Downarrow(r1,w0,r0,w1)$ и последующей фазы $\Uparrow\Downarrow(r1,...)$.

Описанные ранее процедуры построения примитивов и их конкретные виды, приведенные выше, позволяют синтезировать маршевые тесты, однократное применение которых позволяет обеспечить максимальную полноту покрытия PNPSFk. Примером результата такого синтеза может быть тест $\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow(r0,w1,r1,w0,r0);\Downarrow(r0,w1,r1,w0,r0,w1);$ $\Downarrow(r1,w0,r0,w1,r1);\Uparrow(r1,w0,r0,w1,r1,w0)\}$, сложность которого равняется сложности $23N$ известного теста March PS имеющего максимальную полноту покрытия в классе кодочувствительных неисправностей PNPSFk [20].

Объединение примитивов различной сложности позволяет синтезировать более простой маршевый тест March OP, имеющий меньшую временную сложность равную $18N$. Это тест имеет вид (2), а его примитивы, обеспечивающие обнаружение всевозможных неисправностей PNPSFk приведены в табл.5.

$$\{\Uparrow\Downarrow(w0);\Uparrow(r0,w1);\Uparrow(r1,w0);\Downarrow(r0,w1)\Downarrow (r1,w0,w0,w1,r1);\Downarrow(r1,w0);\Uparrow(r0,w1,r1,w0,r0)\} \quad (2)$$

Таблица 5

Примитивы, формируемые тестом March OP

Предыдущая фаза	$\Uparrow\Downarrow(w0)$	$\Uparrow(r0,w1)$	$\Uparrow(r1,w0)$	$\Downarrow(r0,w1)$	$\Downarrow(r1,w0,r0,w1,r1)$	$\Downarrow(r1,w0)$
Текущая фаза	$\Uparrow(r0,w1)$	$\Uparrow(r1,w0)$	$\Downarrow(r0,w1)$	$\Downarrow(r1,w0,r0,w1,r1)$	$\Downarrow(r1,w0)$	$\Uparrow(r0,w1,r1,w0,r0)$
Последующая фаза	$\Uparrow(r1,w0)$	$\Downarrow(r0,w1)$	$\Downarrow(r1,w0,r0,w1,r1)$	-	$\Uparrow(r0,w0,r1,w0,r0)$	-
Обнаруживаемые *PNPSFk*	$\langle 0,0,0,\ldots,0,\uparrow,1,1,1,\ldots,1\rangle$	$\langle 1,1,1,\ldots,1,\downarrow,0,0,0,\ldots,0\rangle$	$\langle 1,1,1,\ldots,1,\uparrow,0,0,0,\ldots,0\rangle$	$\langle 1,1,1,\ldots,1,\downarrow,1,1,1,\ldots,1\rangle$; $\langle 1,1,1,\ldots,1,\uparrow,1,1,1,\ldots,1\rangle$	$\langle 0,0,0,\ldots,0,\downarrow,1,1,1,\ldots,1\rangle$	$\langle 0,0,0,\ldots,0,\uparrow,0,0,0,\ldots,0\rangle$ $\langle 0,0,0,\ldots,0,\downarrow,0,0,0,\ldots,0\rangle$

Результатом применения различных комбинаций примитивов могут быть тесты запоминающих устройств, обладающие требуемой полнотой, как правило, максимальной, в классе PNPSFk и имеющие

различную временную сложность. Однако, тестом с максимальной полнотой покрытия PNPSFk и имеющим минимальную временную сложность, по мнению авторов, является тест March OP (2). Следует отметить, что, используя понятия примитивов, можно синтезировать тесты запоминающих устройств, позволяющих обнаруживать и другие разновидности сложных неисправностей.

Заключение

В представленной статье показана взаимосвязь между орбитами, формируемыми маршевыми тестами, и их способностью обнаруживать сложные кодочувствительные неисправности PNPSFk. Показано, что наличие минимального подмножества из восьми типов орбит при реализации маршевого теста является необходимым условием достижения максимальной полноты покрытия тестом PNPSFk неисправностей. Определены понятия примитивов и показаны их примеры, а также результаты синтеза маршевых тестов обеспечивающих требуемую полноту покрытия заданных видов PNPSFk. Приведен пример маршевого теста с максимальной полнотой покрытия и имеющий минимальную временную сложность.

Список литературы

1. Bushnell, M. L. Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory & Mixed-Signal VLSI Circuits / M. L. Bushnell, V. D. Agrawal. – New York: Kluwer Academic Publishers, 2000. – 690 p.
2. Wang, L. T. VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability / L. T. Wang, C. W. Wu, X. Wen. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 808 p.
3. Ярмолик, В. Н. Контроль и диагностика вычислительных систем / В. Н. Ярмолик. – Минск: Бестпринт, 2019. – 387 с.
4. The International Technology Roadmap for Semiconductors: 2003 Edition (ITRS'2003). – San Jose: Semiconductor Industry Association, 2003. – 65 p.
5. Sharma, A. K. Advanced Semiconductor Memories: Architectures, Designs, and Applications / A. K. Sharma. – London: John Wiley & Sons, 2003. – 652 p.
6. Goor, A. J. Testing Semiconductor Memories: Theory and Practice / A. J. Goor. – Chichester: John Wiley & Sons, 1991.
7. Ярмолик, В. Н. Неразрушающее тестирование запоминающих устройств / В. Н. Ярмолик [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2005. – 230 с.
8. Ярмолик, С. В. Маршевые тесты для самотестирования ОЗУ / С. В. Ярмолик, А. П. Занкович, А. А. Иванюк. – Минск: Бестпринт, 2009. – 270 с.

9. Marinescu, M. Simple and Efficient Algorithms for Functional RAM Testing: IEEE Int. Test Conf. / M. Marinescu. – IEEE Computer Society Press, 1982. – P. 236-239.

10. Nair, C. Efficient Algorithms for Testing Semiconductor Random-Access Memories: IEEE Int. Test Conf. / C. Nair, S. Thatte, J. Abraham. – IEEE Transactions on Computers, 1978. – vol. 27, no. 6. – P. 572-576.

11. Suk, D. S. A March Test for Functional Faults in Semiconductor Random-Access Memories: IEEE Trans. on Computers / D. S. Suk, S. M. Reddy. – IEEE Transactions on Computers, 1981. – vol. 30, no. 12. – P. 982-985.

12. Ярмолик, В. Н. Псевдоисчерпывающее тестирование запоминающих устройств на базе маршевых тестов типа March A / В. Н. Ярмолик, И. Мрозек, С. В. Ярмолик. // Информатика. – Минск, 2020. – № 2 (17). – С. 54–70.

13. Yarmolik, V. N. March ps(23n) test for DRAM pattern-sensitive faults: Proc. of the 7th AsianTest Symposium / V. N. Yarmolik, Y. Klimets, S. Demidenko. – IEEE Computer Society, 1998. – P. 354-357.

Применение среды Simulink при разработке компонентов электроэнергетических систем

В. М. Дмитриев, e-mail: dvm84@bk.ru
С. В. Кучевский, e-mail: faust2@bk.ru

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

Аннотация. *В данной работе представлены примеры построения моделей компонентов систем электроэнергетики и результат исследования их характеристик.*

Ключевые слова: *система электроснабжения, моделирование электроэнергетических систем, имитационное моделирование систем.*

Введение

Построение систем электроснабжения связано с большим количеством необходимых расчётов как требуемых характеристик системы в целом, так и поэтапного определения характеристик и допусков отдельных компонентов. В настоящее время задача усложняется тем, что необходимо учитывать так называемую импульсно-периодическую нагрузку. Такой вид нагрузки характерен для компонентов электроэнергетических систем, созданных на принципах инверторного преобразования электроэнергии. В связи с появлением такого вида нагрузок становится актуальной оценка их влияния на общую работу системы, и оценка возможности их нормальной работы в случае запуска в момент переходных процессов в системе электроснабжения.

Для построения моделей компонентов электроэнергетических систем используются различные методы и программные средства. Одним из наиболее известных и исторически сложившихся является метод аналитического расчета системы электроснабжения по правилам теоретической электротехники. Метод позволяет получить хорошие результаты оценки характеристик, однако является достаточно затратным с точки зрения необходимого времени и зачастую не позволяет быстро учесть незначительные изменения в системе. Таким образом данное решение применяется в основном при построении концептуальной модели системы и определения характеристик системы в целом с учетом надежного обеспечения электроэнергией потребной нагрузки. В целом, на основании аналитического расчета обычно

© Дмитриев В. М., Кучевский С. В., 2021

решается задача определения потребной мощности источников электроэнергии в зависимости от планируемой нагрузки. С учетом вида нагрузки и потребного вида напряжения и токов может быть определен состав системы электроснабжения и общая конфигурация системы электроэнергетики.

После того, как определен состав, требуемые значения токов и напряжений потребителей электроэнергии может быть построена модель системы электроснабжения, которая в свою очередь позволит определить оптимальную схему системы исходя из существующих возможностей промышленности и обеспечения максимального соотношения цена/качество либо модернизационного потенциала. Для построения такой модели системы может быть использован программный комплекс Matlab. При этом, с учетом необходимости обеспечения наглядности модели и реализации возможности исследования ее характеристик, целесообразно использовать средства пакета Simscape Electrical комплекса визуального моделирования Matlab/Simulink.

С применением Simscape Electrical имеется возможность построения моделей различного уровня сложности, например, микроэлектростанции, обеспечивающей работу нескольких жилых малоэтажных домов, с использованием энергии солнечной батареи и возможностью резервирования электроэнергии в аккумуляторных батареях и использования центральной сети электроснабжения переменного тока (рис. 1).

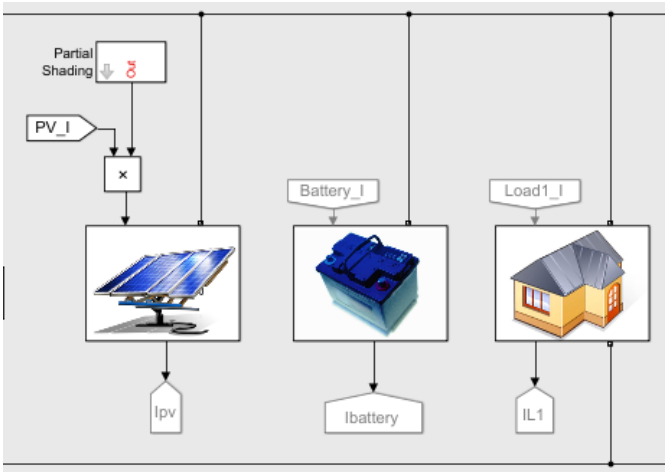


Рис. 1. Модель системы автономного электроснабжения

Как видно из рисунка модель представляет собой типовую однофазную сеть переменного тока, в которой используется энергия солнечной батареи с возможностью резервирования и обеспечения запаса энергии в блоке аккумуляторов и выдачи излишков электроэнергии во внешнюю сеть.

Модель солнечной батареи, дома и блока аккумуляторов реализованы с использованием подсистем, для каждой из которых есть возможность задания сценария работы с учетом времени суток, года и климатических особенностей местности. Это позволяет определить потребную мощность компонентов электроэнергетической системы и выбрать оптимальный режим работы компонентов с учетом распределения нагрузки системы.

С использованием средств Simscape Electrical есть возможность моделировать и работу отдельных компонентов электроэнергетической системы. Как было сказано выше, импульсно-периодическая нагрузка может вносить коррективы в работу системы управления инверторного преобразователя входящего в состав импульсного блока питания. Для того чтобы система управления блока питания обеспечивала стабильную работу системы целесообразно для испытания и наладки коэффициентов контроллера использовать следующую модель (рис. 2).

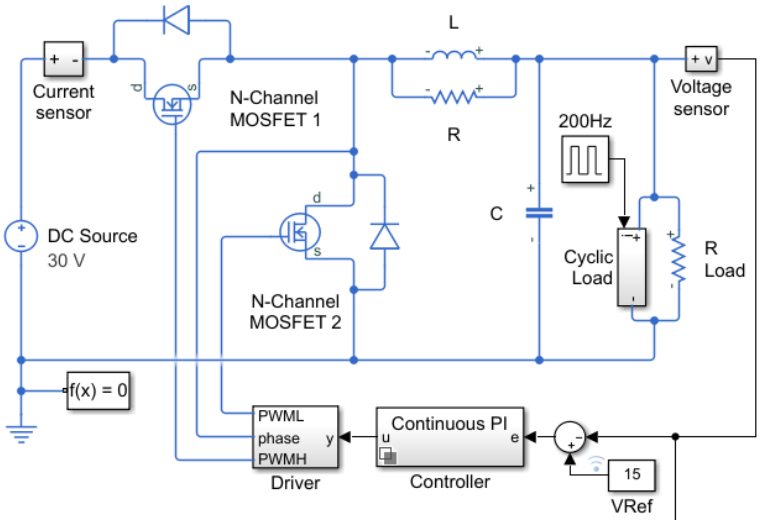


Рис. 2. Модель импульсного блока питания

Характерной особенностью представленной системы является объединение аналоговой схемы, учитывающей паразитные параметры отдельных компонентов и цифрового контроллера, реализующего заданный закон регулирования в рамках одной модели. Следует отметить что при необходимости может быть обеспечено документирование всех необходимых параметров как это показано на рис. 3.

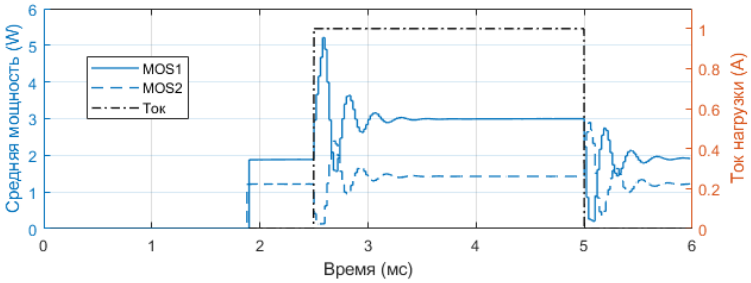


Рис. 3. Распределение нагрузки по транзисторам при увеличении тока

Среду Simscape Electrical можно использовать в том числе для оценки эффективности модулей преобразования энергии в зависимости от нагрузки. В качестве примера рассмотрим работу однокаскадного преобразователя электроэнергии используемого для обеспечения питания нагрузки переменного тока (рис. 4).

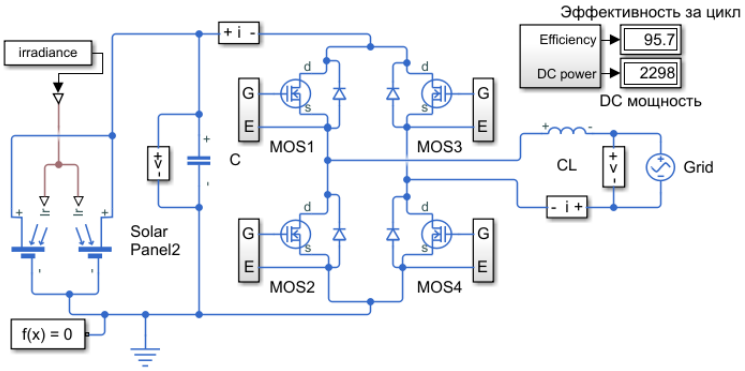


Рис. 4. Определение КПД однокаскадного преобразователя DC – AC

Simscape Electrical входит в общий пакет Simscape, он, в свою очередь состоит из нескольких доменов, каждый из которых позволяет моделировать отдельное физическое направление такое как электрика, электромагнитные поля, гидравлика, термодинамика и другие. Благодаря мульти доменному моделированию при использовании Simscape Electrical есть возможность построения модели, в которой будут одновременно учитываться и электрические явления, и изменение температуры силовых компонентов в случае повышения нагрузки. Вариант реализации такой модели для линейного регулятора напряжения обеспечивающего стабильную работу импульсно-периодической нагрузки представлен на рис. 5.

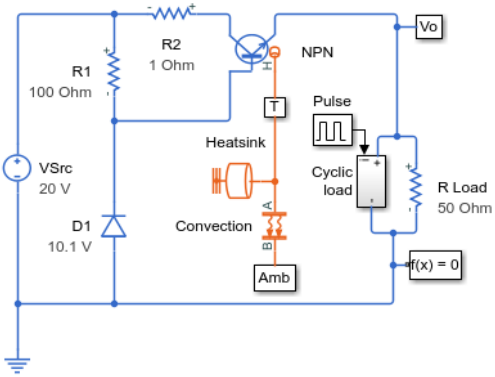


Рис. 5. Модель линейного регулятора напряжения

В результате моделирования получены графики зависимости температуры кристалла силового транзистора и температуры его корпуса.

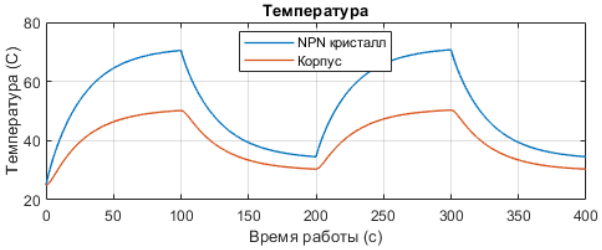


Рис. 6. Моделирование изменения температуры силового элемента от нагрузки в регуляторе напряжения

Заключение

Имитационное моделирование электроэнергетических систем с применением Simscape Electrical позволяет определить не только оптимальный состав и режим работы, но и исследовать работу отдельных компонентов и устройств. При этом показана возможность оценивать эффективность работы системы при условии наличия импульсно-периодической нагрузки. Представлен вариант оценки КПД в зависимости от нагрузки. Показана возможность моделирования изменения температуры кристалла и корпуса силового транзистора с изменением нагрузки.

Список литературы

1. Моделирование сложных электроэнергетических систем летательных аппаратов: монография / С. П. Халютин, М. Л. Тюляев, Б. В. Жмуров, И. Е. Старостин. – М. : ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – 188 с.

2. Герман-Галкин, С. Г. MATLAB&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

3. 10 Ways to Speed Design for Digitally Controlled Power Converters with Simulink [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.mathworks.com/solutions/power-electronics-control.html

Алгоритм расчета температурозависимых теплофизических характеристик полимерных композитов в ИИС

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

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Предложены метод, итерационная процедура и алгоритм расчета теплофизических характеристик на основе решения интегро-функционального уравнения Вольтерра, входящий в состав информационно-измерительной системы исследования свойств полимерных композитов. Приведена блок-схема алгоритма.*

Ключевые слова: *алгоритм, информационно-измерительная система, интегро-функциональное уравнение, полимерные композиты, теплофизические характеристики.*

Введение

Технология производства полимерных композитов включает тепловую обработку армирующего наполнителя пропитанного термореактивным полимерным связующим по специальному температурно-временному режиму отверждения [1]. Нахождение оптимальных режимов отверждения полимерных композитов на основе термореактивных связующих целесообразно выполнять с применением математической модели с соответствующими параметрами [2, 3].

Одними из основных параметров математической модели процесса отверждения полимерных композитов, которые характеризуют интенсивность теплообменных процессов, являются теплофизические характеристики (ТФХ). Определение ТФХ предусматривает сбор и обработку большого объема экспериментальных данных, к которым относятся температура, плотность теплового потока, измеренные во времени и по толщине, что требует применения информационно-измерительной системы (ИИС) [4] и разработки соответствующего алгоритмического обеспечения ИИС для расчета ТФХ [5].

На сегодняшний день разработано множество различных методов определения ТФХ, у которых имеются различные специфические особенности их использования. Однако имеется очень мало методов для определения ТФХ, которые обладали бы высокой точностью и позволили бы исследовать температурную зависимость ТФХ в широком диапазоне температур и для любых условий проведения эксперимента.

© Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О., 2021

1. Математическая модель теплового процесса отверждения полимерных композитов

Термокинетический процесс отверждения полимерных композитов включает в себя нагрев изделия по заданному режиму, в течение которого протекает химическая реакция сшивки связующего. Для определения ТФХ композита математическая модель должна включать только процессы теплопереноса, причем для исследования ТФХ целесообразно использовать специальные образцы и тепловые режимы, имитирующие технологические режимы отверждения.

Процесс исследования ТФХ необходимо организовывать так, чтобы температурное распределение в экспериментальном образце соответствовало температурному полю полубесконечной пластины, которое создается путем одностороннего нагрева образца плоской формы с тепловой изоляцией противоположной нагревателю стороны образца. В связи с этим при построении математической модели нагрева образца будут заданы граничные условия второго рода. ТФХ полимерных композитов, в большинстве случаев, существенно зависят от температуры особенно в процессе отверждения. Поэтому нами будет рассмотрен случай, когда ТФХ значительно зависят от температуры и эксперимент проведен в условиях возмущения температурного поля.

В указанных условиях математическая модель процесса нагрева при отверждении полимерных композитов представляется в виде дифференциального уравнения теплопроводности с граничными условиями второго рода:

$$
\begin{aligned}
& C(T)\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial x}\right), \\
& T \equiv T(x,t), \quad 0 < x < L, \quad 0 < t \le t_m, \\
& T(x,0) = f_0(x), \quad 0 \le x \le L, \\
& -\lambda(T)\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0} = q_0(t), \quad 0 < t \le t_m, \\
& -\lambda(T)\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=L} = q_L(t), \quad 0 < t \le t_m.
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где C – объемная теплоемкость, Дж/(м^3·К); f_0 – начальное температурное распределение, К; q_0, q_L – величины тепловых потоков на поверхностях образца, Вт/м^2; L – толщина образца, м; T – температура, К; t – время, с; t_m – продолжительность эксперимента, с; x – пространственная координата, м; λ – теплопроводность, Вт/(м·К).

2. Метод и алгоритм расчета теплофизических характеристик полимерных композитов в зависимости от температуры

Большинство современных методов определения теплофизических характеристик материалов основаны на решении обратной задачи теплопроводности (ОЗТ), которая отражает связь между пространственными и временными изменениями температуры исследуемого объекта под действием источника тепла [6]. Поскольку ТФХ материала обусловливают распределение тепла в нем, а, следовательно, и его температурное поле $T(x,t)$, то по известному изменению температуры тела можно рассчитать его теплоемкость и теплопроводность. Однако решение задачи теплопроводности с нелинейными ТФХ является трудной задачей. В связи с этим в эксперименте стремятся реализовать такие начальные и граничные условия, которые позволили бы упростить расчетные уравнения.

Одним из методов решения обратных задач теплопроводности является интегральное представление решения ОЗТ, когда искомые коэффициенты дифференциального уравнения записывают в виде совокупности интегралов от температуры и теплового потока [6]. В случае температурной зависимости коэффициентов теплопереноса $C(T)$ и $\lambda(T)$ метод позволяет привести дифференциальное уравнение (1) к эквивалентному интегро-функциональному уравнению и построению итерационной процедуры относительно интегрального представления J_c. Результатом решения являются функции $C(T)$ и $\lambda(T)$. В качестве первого приближения теплоемкости и теплопроводности используются значения, рассчитанные по формулам (4), (5), полученным в [5]. Дальнейший расчет производится по следующим итерационным процедурам, подробно описанным в [6]:

$$J_c^{[0]}\left(T(x_i,t_j)\right)=\int\limits_{T(x_i,t_1)}^{T(x_i,t_j)} C^{[0]}(s)ds,\quad i=0,1,...,n. \tag{2}$$

$$J_c^{[it]}\left(T_L(t)\right)=J_c^{[it-1]}\left(T_L(t)\right)+\frac{q_L(t)-q_0(t)+\dfrac{dF(t)}{dt}}{V\left(T_L(t),t\right)} \tag{3}$$

где $F(t)=\int\limits_0^L\left(J_c^{[it-1]}\left(T(x,t)\right)-J_c^{[it-1]}\left(T(x,0)\right)\right)dx,\quad V\left(T_L(t),t\right)=\dfrac{\partial T^{\{-1\}}\left(T_L(t),t\right)}{\partial t}$.

С использованием найденных значений начального приближения теплоемкости $C^{[0]}$ [5] и экспериментально измеренной температуре, по

уравнению (2) рассчитываем функцию $J_c^{[0]}(T(x_i,t_j))$ и подставляем в итерационную процедуру (3). Выполняя процесс (3), после каждой итерации *it* расчета $J_c^{[it]}(T_L(t))$ вычисляем объемную теплоемкость $C^{[it]}(T_L(t))=\dfrac{dJ_c^{[it]}(T_L(t))}{dT_L(t)}$ и пересчитываем $J_c^{[it]}(T(x_i,t))$ по $J_c^{[it]}(T_L(t))$, аналогично расчету $C(T(x_i,t_j))$ по $C(T_{cp}(t_j))$ как в работе [5].

В каждой точке t_j рассчитанное последующее приближение $C^{[it]}(T)$ сравнивается с предыдущим значением $C^{[it-1]}(T)$, определяется их максимальное различие и выполняется сравнение с заданной точностью сходимости ε. Достижение заданной точности определяет необходимость окончания итераций:

$$\max_{T_L(t_j)}\frac{\left|C^{[it]}\left(T_L(t_j)\right)-C^{[it-1]}\left(T_L(t_j)\right)\right|}{C^{[it-1]}\left(T_L(t_j)\right)}<\varepsilon,\ j=1,2,..m. \qquad (4)$$

Вычисленные значения объемной теплоемкости $C(T)$ далее используются для расчета теплопроводности $\lambda(T)$. Для начала расчетов по формуле (5) полученной в [5] находим значение теплопроводности, отнесенное к среднеинтегральной температуре $\lambda(T_{cp}(t))$:

$$\lambda^{[0]}(T_{cp}(t_j))=\frac{Lq_L(t_j)-C(T(t_j))\dfrac{d}{dt}\sum_{i=0}^{n}B_iT(x_i,t_j)}{T_L(t_j)-T_0(t_j)}. \qquad (5)$$

Затем, используя рассчитанную, отнесенную к среднеинтегральной температуре теплопроводность $\lambda(T_{cp}(t))$, вычисляем теплопроводность, отнесенную к температурам на поверхности образца $\lambda(T_0(t))$ и $\lambda(T_L(t))$ пошагово аналогично тому, как это делалось для расчета $C(T_L(t_j))$:

$$\lambda(T_L(t_j))=\lambda(T_0(t_j))\frac{T_0'(t_j)}{T_L'(t_j)}+\frac{1}{T_L'(t_j)}\left[\frac{d}{dt}\left(\sum_{i=0}^{n}B_i\frac{d\theta(x_i,t_j)}{dt}\right)-Lq_L'(t_j)\right], \qquad (6)$$

где $\theta(x_i,t_j)=\int\limits_{T(x_i,t_1)}^{T(x_i,t_j)}C(s)ds$, B_i – веса квадратурной формулы.

Для устранения шумов, искажающих значения температурного поля, используем предварительное сглаживание экспериментальных значений температуры $T(x_i, t_j)$ с помощью сплайн-функции.

Блок-схема алгоритма расчета ТФХ как функций температуры на основе интегрального преобразования ОЗТ в виде интегро-функционального уравнения представлена на рис. 1.

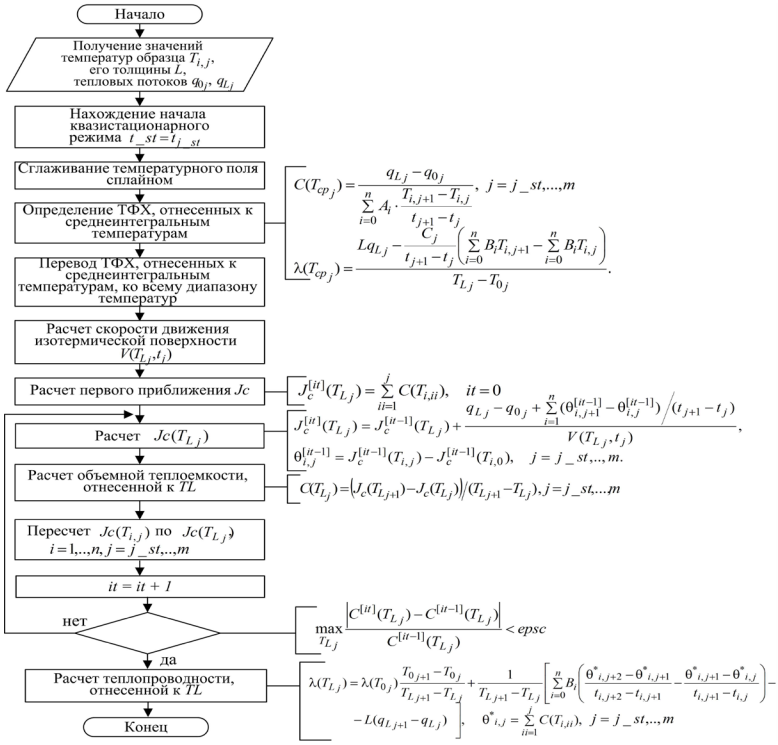


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета ТФХ как функций температуры на основе интегрального преобразования ОЗТ в виде интегро-функционального уравнения

Заключение

Полученный алгоритм позволяют проводить расчет ТФХ материалов с существенной температурной зависимостью, которая имеет место в процессах отверждения полимерных композитов связанной с химической реакцией и структурными превращениями материала.

Список литературы

1. Дмитриев, О.С. Оптимизация режима отверждения изделий из полимерных композитов на основе клеевых препрегов / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, С.В. Мищенко, С.О. Дмитриев // Клеи, герметики, технологии. – 2009. – № 5. – С. 17-24.

2. Мищенко, С.В. Математическое моделирование процесса отверждения изделия из полимерных композиционных материалов методом горячего прессования / С.В. Мищенко, О.С. Дмитриев, С.В. Пономарев // Вестник ТГТУ. – 1998. – Т. 4. № 4. – С. 390-399.

3. Дмитриев, О.С. Тепломассоперенос и кинетика отверждения полимерного композиционного материала при автоклавном вакуумном формовании изделий / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, С.В. Мищенко, А.О. Дмитриев // Инженерная физика. – 2010. №9. – С. 3-12.

4. Дмитриев, О.С. Измерительно-вычислительная система для исследования свойств клеевых препрегов и расчета режимов отверждения ПКМ на их основе / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, С.В. Мищенко, А.О. Дмитриев // Клеи. Герметики. Технологии. – 2009. – № 6. – С. 22-28.

5. Дмитриев, О.С. Алгоритмическое обеспечение ИИС для исследования теплофизических характеристик полимерных композитов / О.С. Дмитриев, А.А. Живенкова, А.О. Дмитриев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. матер. XIX междунар. научно-метод. конф. Под ред. Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 265-270.

6. 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. 1426-1437.

Информационная модель адаптации автоматизированной обучающей системы для незрячих пользователей

О.В. Дубровина, e-mail: prepov@rambler.ru

Научный руководитель д.т.н., профессор Алексеев В.В.
Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрены аспекты адаптации современной автоматизированной обучающей системы и построена модель адаптации АОС в нотации IDEF0 и с применением средств MS Visio. Проведен анализ компьютерных тифлосредств для работы незрячих пользователей.*

Ключевые слова: *тифлоинформационные технологии, автоматизированная обучающая система, программа экранного доступа, брайлевский дисплей.*

Введение

Обучение незрячих пользователей с применением современных информационных средств затрудняется отсутствием необходимого уровня их адаптации. При разработке автоматизированных обучающих систем основной упор делается на визуальное восприятие информации пользователями. Алгоритм работы незрячего пользователями сильно отличается от привычного. Возможность работать на компьютере для незрячих обеспечивается за счет комплекса программных и аппаратных тифлосредств, преобразующих визуальную информацию в осязательную и слуховую. Для понимания принципа работы незрячих пользователей проведем анализ применяемых тифлосредств.

1. Анализ компьютерных тифлосредств

Основным компьютерным тифлосредством является программа экранного доступа, осуществляющая передачу информации между незрячим пользователем и компьютером. Это происходит благодаря выводу информации при помощи звука и рельефно-точечного вывода. Существует несколько видов программ экранного доступа, рассмотрим самые распространенные. Программа экранного доступа JAWS for Windows от компании Freedom Scientific является самой популярной программой для доступа к данным, обладает полной поддержкой сенсорных экранов и жестов, легко устанавливается и поддерживает все стандарты приложений Windows. Начиная с версии JAWS 8.0 имеет встроенный синтезатор речи [4].

Второй по полярности является бесплатная программа экранного доступа NVDA для операционных систем семейства Windows,

позволяющая незрячим и слабовидящим пользователям работать на компьютере без дополнительных финансовых затрат на специализированное программное обеспечение. NVDA взаимодействует с пользователем посредством синтеза речи и брайлевского вывода, предоставляет доступ к различным возможностям операционной системы Windows.

Аппаратные и программные синтезаторы речи осуществляют голосовой вывод информации. Они представляют собой программы, преобразующие в устную речь цифровую информацию, которую считывают программы экранного доступа. Важными параметрами синтезаторов речи, являются качество речи, быстрота реакции на управляющее воздействие и максимально возможная скорость воспроизведения.

В России наиболее популярны синтезаторы речи SpeakingMause, Digalo и Sakrament. Определить какой из них лучше однозначно невозможно. Так SpeakingMause показывает хорошую быстроту реакции на команды и высокую фонетическую разборчивость, а Digalo обеспечивает более комфортное восприятие, но медленней реагирует на управляющие воздействия. Для обеспечения эффективности и комфортных условий работы на компьютер часто ставят несколько синтезаторов и выбирают один из них для различных задач.

Для вывода рельефно-точечного вида компьютерной информации используют специальное устройство, называемое брайлевским дисплеем. Оно представляет собой строку, содержащую до восьмидесяти восьмиточечных модулей, на которую шрифтом Брайля выводится текстовая информация. Работу незрячего с брайлевским дисплеем можно представить, как просмотр содержимого монитора через небольшое окно, на котором отображается вся информация. расположенная на экране. Но перемещение окна брайлевского дисплея ограничивается программой экранного доступа, так как нет возможности прочитать одновременно всю информацию на экране компьютера [2].

Большинство брайлевских дисплеев могут не только выводить компьютерную информацию, но и передавать компьютеру управляющее воздействие пользователя. Каждый модуль дисплея снабжен специальной кнопкой, нажатие на которую передает компьютеру информацию об отображаемой этим модулем позиции на экране и может интерпретироваться программным обеспечением (например, как нажатие кнопки "мыши", вызывая перемещение каретки или активизацию соответствующего пункта меню).

Каждое из рассмотренных средств, применяемых незрячими для работы за компьютером, имеет свои преимущества. Брайлевский дисплей существенно облегчает работу, которая требует детального и точного восприятия информации (редактирование, чтение иноязычных текстов и т.д.). Применением синтезатора речи обеспечивается более высокая по сравнению с чтением на брайлевском дисплее скорость получения информации, поэтому, речевой доступ более эффективен, например, при знакомстве с большими объемами информации. Кроме этого, речевой вывод дает возможность контроля правильности действий на слух, не отрываясь от клавиатуры.

Можно сделать вывод о том, что наиболее эффективно для работы на компьютере незрячего пользователя совместное использование синтезатора речи и брайлевского дисплея, позволяющее объединить достоинства обоих этих средств.

2. Разработка информационных моделей

Вся логика работы за компьютером незрячего пользователя основана на применении в процессе работы необходимых тифлосредств. Решение задачи организации информационного потока в соответствии с имеющимися носителями информации возлагается на программу экранного доступа. Иными словами, назначение программы экранного доступа – создание на основе рельефно-точечного вывода на брайлевский дисплей и/или речевых сообщений синтезатора такой информационной модели рабочей ситуации, которая обеспечила бы незрячему оператору возможность принятия решений для целенаправленного воздействия на нее, а затем и контроль результативности этого воздействия.

При работе за компьютером незрячий пользователь применяет обычную клавиатуру. Вся работа строится на знании десятипальцевого метода печати и набора команд управления Windows. Существует также брайлевская клавиатура. Это устройство, которое позволяет вводить текстовые символы в 6- или 8-точечном брайлевском представлении. Каждая брайлевская клавиатура имеет, по крайней мере, 6 клавиш для ввода точек, клавишу для ввода пробела и, в зависимости от модели, дополнительные служебные клавиши [3].

Но существует также и необходимость грамотной разработки учебных документов и средств контроля, а также учет необходимого уровня адаптации самой автоматизированной обучающей системы. В основе адаптации АОС лежит выполнение ГОСТ Р 52872-2019 по обеспечению доступности ресурсов для пользователей с проблемами зрения [1].

Процесс адаптации можно представить в виде следующей схемы (рис. 1).

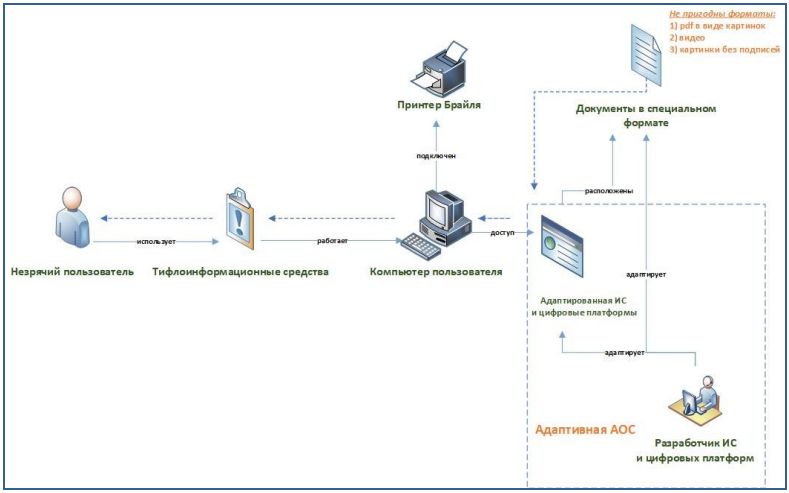


Рис. 1. Фрагмент информационной модели алгоритма работы незрячего пользователя с АОС

Основные тифлоинформационные средства представлены техническими и программными средствами.

Техническим средствами являются:

– средства вывода звуковой информации (колонки, наушники);
– брайлевский дисплей;
– микрофон для набора информации голосом;
– брайлевский принтер;
– брайлевская клавиатура (при необходимости).

Программными средствами являются:

– программа экранного доступа;
– синтезатор речи;
– программы распознавания голоса;
– программы для набора текста.

Для построения полностью адаптированной АОС необходимо также предоставлять все документы в пригодном для чтения программой экранного доступа виде. В основном это формат doc, docx, txt для текстовых файлов. Все представленные документы должны соответствовать правилам адаптации и быть протестированы незрячими пользователями.

Общая информационная модель адаптации автоматизированной обучающей системы представлена на рисунках 2 и 3.

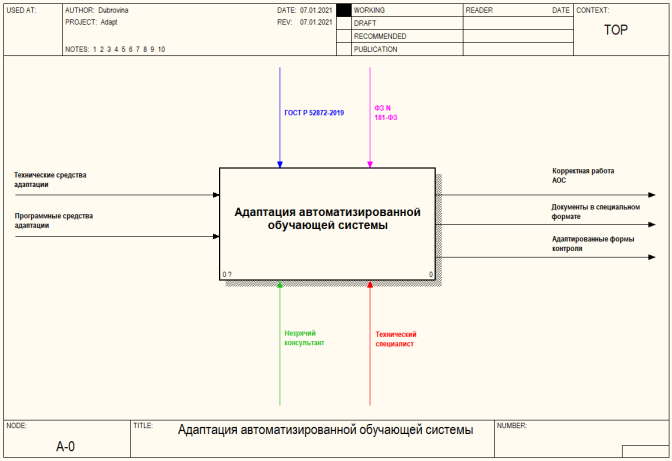


Рис. 2. Информационная модель адаптации АОС для незрячих пользователей

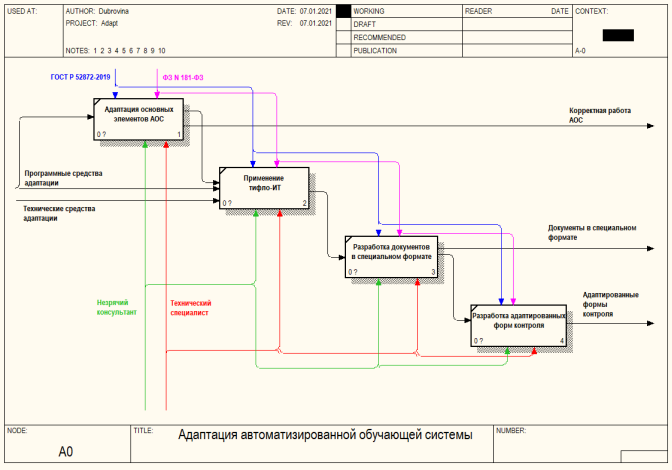


Рис. 3. Декомпозиция информационной модели адаптации АОС для незрячих пользователей

Заключение

Важнейшим источником отличий между процессами работы на основе стандартного (визуального) и невизуального интерфейса становится принципиальное различие информационных моделей, на основе которых они строятся. В стандартном варианте целостное представление о рабочей ситуации может дать изображение на экране. При работе же незрячего пользователя информационная модель рабочей ситуации синтезируется на основе ряда последовательных локальных сообщений программы экранного доступа путем логического мышления, аналогично тому, как с помощью пространственного мышления ряд локальных восприятий складывается в единый образ пространства. Эта модель не имеет материального носителя, существуя только в представлении оператора.

Проведенное моделирование процессов адаптации АОС позволяет выявить основные закономерности адаптации и необходимые для этого тифлосредства. Информационные модели отражают основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Входными параметрами являются необходимые для использования технические и программные средства адаптации. Выходными данными являются, корректная работа АОС, документы в специальной форме и адаптивные формы контроля, процесс формирования которых выполняется под регламентацией ГОСТ Р 52872-2019 и ФЗ N 181-ФЗ. Исполнителями процессов являются незрячий консультант и технический специалист.

Список литературы

1. Алексеев В.В. Адаптивная информационная технология подготовки операторов систем специального назначения на основе компетентностного подхода/ В.В. Алексеев, А.А. Шишкин // Правовая информатика, 2018. – № 3. – С. 60-69.

2. Рощина М.А. Основы компьютерных тифлотехнологий. Нижний Новгород: ЦСТПР «Камерата», 2007. – 60 с.

3. Щвецов В.И. Педагогическое сопровождение освоения и применения компьютерных технологий как средства социальной интеграции лиц с глубокими нарушениями зрения/ В.И. Щвецов, М.А. Рощина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Инновации в образовании. Н.Новгород: Издательство ННГУ, 2012. – №4(1). – С.76-82.

4. Компьютерные технологии для незрячих и слабовидящих [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.tiflocomp.ru/

Краткосрочная модель формирования конвективных явлений в районе города Хабаровска

С. А. Дьяков, email: garshina.veronika@gmail.com
Ю. Ю. Поляков

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *Рассмотрены метеорологические условия, благоприятные для формирования конвективных явлений. Приводится краткосрочная модель формирования основных конвективных явлений (гроза, ливневой дождь) в районе города Хабаровска, основанная на оценке стратификации и влагосодержания атмосферы*

Ключевые слова: *конвективные явления, гроза, ливневой дождь, параметры стратификации атмосферы, влагосодержание атмосферы, Хабаровск.*

Введение

Физико-географические и климатические особенности района города Хабаровска оказывают сильное влияние на формирование конвективных явлений над данной территории, что приводит к частым ошибкам ложной тревоги и пропуска при использовании стандартных методов прогноза конвективных явлений, рекомендованных для применения руководящими документами Гидрометеорологической службы ВС РФ. Поэтому при разработке прогноза конвективных явлений по данной территории необходимо постоянно уточнять и совершенствовать модели их формирования и методы прогноза.

1. Анализ условий возникновения конвективных явлений

Город Хабаровск расположен в долине реки Амур в южной части Среднеамурской низменности. Низменность расположена между Буреинским хребтом на западе и горами Сихотэ-Алинь на востоке. Территория города имеет густую речную сеть, но главной водной артерией города Хабаровска расположеного на правом, высоком берегу является Амур и Амурская протока.

Развитие облачности в Хабаровске определяется муссонной циркуляцией. По классификации Б. А. Алисова этот район относится к муссонной области умеренного пояса. Муссонами называются достаточно устойчивые воздушные течения сезонного характера, т е. меняющие свое направление от зимы к лету на противоположное или

© Дьяков С. А., Поляков Ю. Ю., 2021

близкое к противоположному. Они связаны с такими центрами, как зимний азиатский антициклон и алеутская депрессия, а также летняя азиатская депрессия и тихоокеанский антициклон, обусловленными главным образом неоднородностью в нагревании суши и моря [1-4].

В районе города Хабаровск конвективные явления (грозы, ливневой дождь, шквалы и т.д.) возникают в теплый период года. С мая конвективные явления усиливаются и наиболее интенсивное развитие имеют в июне и июле, когда грозы возможны каждые пять, шесть дней, иногда число грозовых дней в эти месяцы может увеличиваться до 10.

Продолжительность конвективных явлений за год над городом составляет в среднем 29 ч, увеличиваясь в отдельные годы до 50 ч. Возникновение конвективных явлений наиболее вероятно во вторую половину дня. Максимум их повторяемости приходится на 14-18 ч.

В работе решалась задача исследования метеорологических условий формирования конвективных явлений в районе города Хабаровск. Для решения поставленной задачи была сформирована архивная выборка метеорологических данных по городу Хабаровск, охватывающая период с 2010 по 2020 год.

Для составления архивной выборки определялись:

- параметры стратификации атмосферы: температура воздуха у земли по данным утреннего радиозондирования (Тз), максимальная температура воздуха у земли на день (Tmax), разность температур воздуха между уровнями 850 и 500 гПа по данным утреннего радиозондирования (Т850-Т500), средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации по данным утреннего радиозондирования (Т′ – Т0), средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации с учетом мощности слоя неустойчивости атмосферы по данным утреннего радиозондирования (Т′ – Т0 · гПа), толщина конвективно-неустойчивого слоя по данным утреннего зондирования (КНС));

- параметры влагосодержания атмосферы: дефицит у земли по данным утреннего радиозондирования ($D_з$), средний дефицит точки росы воздуха в слое 850-500 гПа по данным утреннего радиозондирования ($D_{850-500}$), средний дефицит точки росы в слое от земли до уровня 700 гПа по данным утреннего радиозондирования ($D_{з-700}$)).

При выявлении метеорологических условий возникновения и отсутствия конвективных явлений, были рассмотрены характеристики воздушных масс в которых образовывались конвективные облака. Особенно это важно при внутримассовых процессах, когда температурно-влажностное состояние тропосферы определяет как время

начала возникновения опасного явления погоды, так и его продолжительность.

В связи с этим, по данным утреннего зондирования атмосферы рассчитывались характеристики и параметры атмосферы в тот день, когда наблюдались конвективные явления, и определялись благоприятные условия для гроз, ливневого дождя и простых метеорологических условий – «без явлений».

Далее был поведен статистический анализ распределения метеорологических величин, параметров атмосферы для трех классов (гроза, ливневой дождь, без явлений) и получены градации метеорологических величин, которые описывали погоду по стратификации и влагосодержанию атмосферы. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Классификация конвективных явлений на день по метеорологическим величинам и параметрам атмосферы (знаменатель – максимальная повторяемость)

Метеорологические величины и параметры атмосферы	Конвективные явления		
	Гроза	Ливневой дождь	Без явлений
ТЗ,^{0}С	24-30 26-28	16-26 20-22	20-26 22-24
Tmax,^{0}С	26-32 28-30	22-30	22-32 26-30
Т850-Т500, ^{0}С	25-28 27-28	22-26	21-25 23-25
Т′ – Т0, ^{0}С	1-3 1,5-2	0-1,5 1-1,5	0-2 0-1
Т′ – Т0 · гПа, ^{0}С	0-1512 0-756	0-987 0-329	0-400 0-200
КНС, гПа	127-168 127-147	34-147 106-126	0-40 0-20
Dз, ^{0}С	0-6 2-4	0-1	4-12 6-8
D850-500, ^{0}С	3-6 3-4	0-4.5 1.5-3	5-11 5-7
Dз-700, ^{0}С	1-5 3-5	1-3 2-3	3-9 4-5;7-8

2. Краткосрочная модель

После выявления характерных метеорологических условия для каждого класса конвективных явлений, определялись оптимальные условия, при которых можно было бы разделить конвективные явления, т.е. установить пороговые метеорологические значения. Причем граничные условия выбирались исходя из установленных физико-статистических закономерностей связанных с формированием конвективных явлений:

1. Чем больше температура воздуха у поверхности земли в утренние часы, тем менее вероятно возникновение конвективных явлений.

2. Чем выше максимальная температура воздуха у поверхности земли, тем вероятнее появления конвективных явлений.

3. Чем больше разность температур воздуха между уровнями 850 и 500 гПа по данным утреннего радиозондирования, средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации (для слоя от среднего уровня конденсации до среднего уровня конвекции на уровнях, взятых через 100 гПа), средняя разность суммы отклонений кривой состояния от кривой стратификации с учетом мощности слоя неустойчивости атмосферы, тем выше вероятность возникновения конвективных явлений на день.

4. Чем больше КНС, тем выше вероятность образования кучево-дождевых облаков, гроз, больше их водность и количество осадков.

5. Чем больше значение дефицита точки росы у земли, тем ниже вероятность образования конвективных явлений.

6. Средний дефицит точки росы воздуха в слое 850-500 гПа учитывает близость к состоянию насыщения водяным паром большей части тропосферы. Если $D_{850\text{-}500} \geq 6^0$C, то дальнейшие расчеты производить не следует, так как в сухом воздухе вероятность возникновения конвективных явлений очень мала.

7. Средний дефицит точки росы в слое от земли до уровня 700 гПа характеризует влажность нижней тропосферы. Если $D_{з\text{-}700} \leq 3\ ^0$C, то на день следует прогнозировать наличие конвективных явлений.

После определения пороговых значений метеорологических величин и параметров атмосферы, проводилось моделирование конвективных явлений, применяя установленные физико-статистические закономерности, представленных в табл. 2 в виде условий. Согласно разработанной краткосрочной модели формирования конвективных явлений на день в районе города Хабаровск, в данной таблице формулировка прогноза вида конвективного явления на день

определяется исходя из большинства выполнимых условий, содержащихся в соответствующей графе.

Таблица 2

Краткосрочный прогноз формирования конвективных явлений на день в районе города Хабаровск

Метеорологические величины, параметры атмосферы	**Конвективные явления**		
	Гроза	**Ливень**	**Без явлений**
$T_з$, ^0C	≥26	≥20	≥22
T_{max}, ^0C	≥28	≤25	≥24
T_{850}-T_{500}, ^0C	≥27	22-26	≤25
$T' - T_0$, ^0C	≥1,5	1-1,5	≤1
$T' - T_0 \cdot$ гПа, ^0C	≤1512	≤987	≤400
КНС, гПа	≥127	≤156	≤40
$D_з$, ^0C	≤4	≤1	≥6
$D_{850\text{-}500}$, ^0C	3-6	≤3	≥5
$D_{з\text{-}700}$, ^0C	3-5	2-3	≥4

Моделирование показывает, что для возникновения грозы или ливневого дождя атмосфера должна быть с неустойчивой стратификацией, $T'\text{-}T_0 \geq 1^0C$, с КНС ≥127 гПа и $T_{850}\text{-}T_{500} \geq 27^0C$ и обладать высокой влажностью $D_з \leq 5^0C$.

Если же неустойчивость в утреннее время небольшая КНС≤40 гПа, $T_{850}\text{-}T_{500} \leq 25^0C$, $T'\text{-}T_0 \leq 1^0C$ и сухая тропосфера ($D_з \geq 6^0C$) то, на день следует ожидать отсутствие конвективных явлений, а наличие лишь кучевой формы облачности (Cu).

Произведенная оценка разработанной краткосрочной модели на независимом материале показала удовлетворительные результаты, представленные в таб. 3.

Таблица 3

Критерии успешности краткосрочной модели формирования конвективных явлений в районе города Хабаровск

Прогнозируемые конвективные явления	Критерии успешности		
	U	H	**Q**
Гроза	0,70	0,40	0,48
Ливневой дождь	0,72	0,44	0,46
Cu (без явлений)	0,76	0,52	0,53

Заключение

Анализ произведенной оценки показывает, что по данной классификации в городе Хабаровске наиболее лучше прогнозируется погода, соответствующая наличию на день облаков Cu форм, отсутствия опасных конвективных явлений. Среди рассмотренных конвективных явлений наибольшие значения критерии успешности имеют прогнозы с формулировкой «ливневой дождь». В целом все прогнозы, разработанные по краткосрочной модели являются методически правильные и эффективные.

Данную краткосрочную модель необходимо использовать при составлении прогноза конвективных явлений в районе аэродрома города Хабаровск, так как она позволяет учесть большинство важных для образования конвективных явлений метеорологических факторов, характеризующих влагосодержание и стратификацию атмосферы.

В целях дальнейшего совершенствования краткосрочной модели формирования конвективных явлений в районе города Хабаровск будет использоваться дискриминантный анализ.

Список литературы

1. Матвеев Л. Т. Облака и вихри – основа колебаний погоды и климата / Л. Т. Матвеев, Ю.Л. Матвеев. – СПб.: РГГМУ, 2005. – 326 с.

2. Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды: учебное пособие. – 2-е издание / О. Г. Богаткин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 288 с.

3. Логинов В. Ф., Волчек А. А., Шпока И. Н. Оценка роли разных факторов в формировании гроз на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 3. – С. 28-35.

4. Швер У. А. Климат Хабаровска / У. А. Швер – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 250 с.

Исследование уровней трудности заданий теста по моделям современной теории тестирования

С. А. Евдокимова, email: evdsv@mail.ru [1]
М. А. Кащенко, email: marg.kashenko2015@yandex.ru[1]

[1] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. *В данной работе проводится анализ теста по дисциплине «Информационные технологии в лесном хозяйстве» на основе современной теории тестирования IRT. Построены характеристические кривые трудности заданий и подготовленности студентов, которые показали задания, требующие доработки.*

Ключевые слова: *современная теория тестирования, модель Г. Раша, двухпараметрическая модель А. Бирнбаума, характеристические кривые, информационно-обучающие системы.*

Введение

В настоящее время очень часто для проверки достижений учащихся при очном обучении или изучении дистанционных курсов используется тестирование. Чтобы не было завышения или занижения оценки обучаемых, разработке тестов надо уделять особое внимание.

Проведем исследование заданий теста по дисциплине «Информационные технологии в лесном хозяйстве» на основе современной теории тестирования (IRT), которая позволяет установить взаимосвязь между подготовленностью испытуемого и уровнем трудности заданий, определить какие задания надо доработать. Тест был выполнен студентами «ВГЛТУ» при изучении указанной дисциплины с использованием информационно-обучающей системы [1, 2].

1. Постановка задачи

Анализируемый тест по разделу «Применение информационных технологий в лесном хозяйстве» охватывает 2 темы и содержит 10 заданий закрытого типа, т.е. в каждом задании предлагаются 4 варианта ответа, из которых правильный только один. Правильный ответ оценивается по формуле:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если ответ верный;} \\ 0, \text{если ответ неверный.} \end{cases} \quad (1)$$

© Евдокимова С. А., Кащенко М. А., 2021

где x_{ij} – результат ответа i-го студента ($i \in [1,n]$) на j-ый вопрос ($j \in [1,m]$);

m – количество вопросов в тесте, m=10;

n – количество студентов, отвечающих на тест, n=100.

Результаты ответов на задания тестов сводятся в матрицу, столбцы которой представляют собой номера заданий, а строки – ответы студентов. При этом исключаются строки и столбцы, состоящие из одних нулей или единиц, потому что в этом случае судить об уровне трудности заданий и уровни подготовленности студентов нельзя [3].

В основе современной теории тестирования лежат модели Г. Раша и А. Бирнбаума [3, 4]. Модель Г. Раша представляет собой функции:

$$P_j(\theta) = \frac{e^{1.7(\theta-\beta_j)}}{1+e^{1.7(\theta-\beta_j)}}, \quad (2)$$

$$P_i(\beta) = \frac{e^{1.7(\theta_i-\beta)}}{1+e^{1.7(\theta_i-\beta)}}, \quad (3)$$

где θ_i – уровень подготовленности студента; β_j – уровень трудности заданий в тесте; P_{ij} – вероятность правильного ответа i-го студента на j-ое задание.

Важной характеристикой модели Г. Раша является инвариантность полученных оценок трудности заданий относительно уровня подготовки испытуемых и наоборот [3-6].

Двухпараметрическая модель А. Бирнбаума учитывает дифференцирующую способность заданий:

$$P_j(\theta) = \frac{e^{1.7a_j(\theta-\beta_j)}}{1+e^{1.7a_j(\theta-\beta_j)}}, \quad (4)$$

где a_i – дифференцирующая способность задания.

2. Анализ результатов расчетов уровня трудности заданий теста

Алгоритм действий при исследовании результатов тестирования на основе теории IRT изложен в работах [3, 4] и ранее рассматривался авторами в работе [6].

При расчете по заданной последовательности действий были получены следующие функциональные зависимости:

$$\theta_i = 1.171 \cdot \theta_i^0 - 0.42, i \in [1,n], \quad (5)$$

$$\beta_j = 1.346 \cdot \beta_j^0 + 0.483,\ j \in [1, m], \quad (6)$$

где θ_i – уровень подготовленности студента; θ_i^0 – начальные значения уровни подготовленности студентов; β_j – уровень трудности заданий в тесте; β_j^0 – начальные значения уровня трудности заданий в тесте.

Результаты расчета уровней трудности заданий представлены в таблице.

Таблица

Расчетные параметры уровня трудности и дифференцирующей способности заданий

Номер задания в тесте, j	Уровень трудности заданий в тесте, β_j	Дифференцирующая способность заданий в тесте, a_j
1	-1,143	0,738
2	-1,651	0,857
3	-0,531	1,015
4	0,538	2,844
5	-0,469	0,518
6	-0,291	0,889
7	1,561	0,932
8	0,808	0,807
9	1,086	11,208
10	-0,722	0,629

Сумма рассчитанных значений уровня трудностей заданий β_j будет равна

$$\sum \beta = \sum_{j=1}^{m} \beta_j = -0.814\,. \quad (7)$$

Отрицательное значение суммы (4) показывает, что тест легкий. В хорошем тесте значение суммы (7) должно стремиться к 0.

На основе формул (2) и (3) построены характеристические кривые заданий теста и уровня подготовленности студентов (рис. 1 и 2 соответственно). Проанализировав рис. 1 и 2, можно сделать вывод, что уровень подготовленности студентов θ лежит в пределах от -1.5 до +1.5 логит, уровень трудности заданий – в пределах от -3 до 2 логит, 6 заданий из 10 легкие (их характеристические функции принимают

значение $P_j(\theta) = 0.5$ при отрицательном значении θ), трудность заданий 3 и 5 одинакова (их графики практически совпадают).

Так как рассматриваемый тест включает задания по двум темам, каждая из которых состоит из 5 вопросов, то построим отдельно характеристические графики по каждой теме (рис. 3).

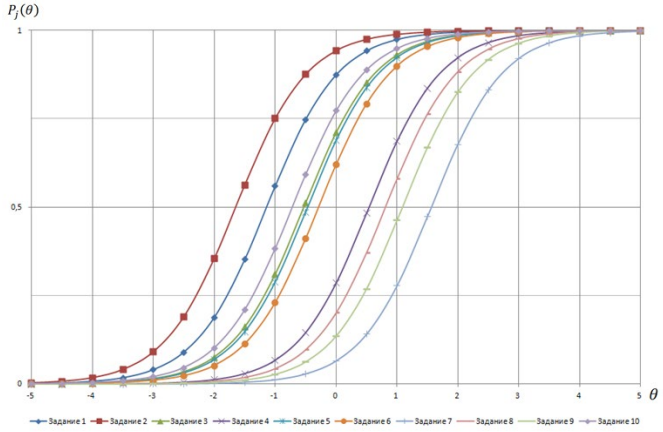


Рис. 1. Характеристические кривые заданий теста

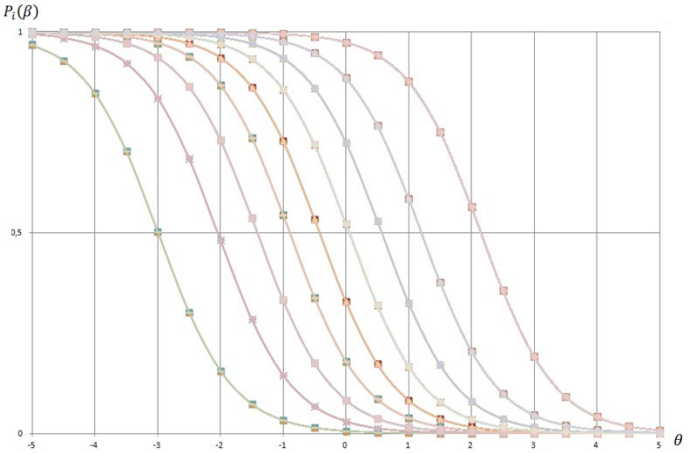
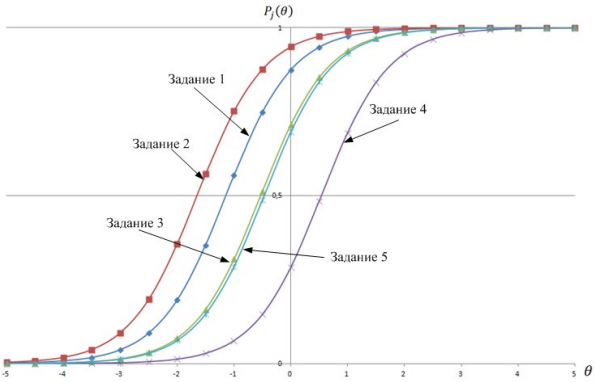
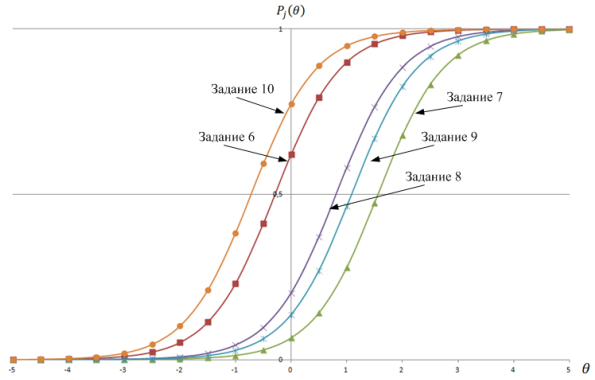


Рис. 2. Характеристические кривые подготовленности студентов



а



б

а – тема 1, б – тема 2

Рис. 3. Характеристические кривые наборов заданий по темам теста

Как видно из рис. 3, в заданиях по первой теме присутствуют два задания 3 и 5 одинаковой трудности, при этом все вопросы в данной теме легкие, только задание 4 имеет повышенную сложность. Во второй теме есть задания и легкие, и сложные, но в обоих темах задания расположены не по возрастанию их трудности. Это не обязательно, но есть смысл поменять порядок заданий в тесте.

Рассчитанные значения дифференцирующей способности заданий a_j для двухпараметрической модели А. Бирнбаума (4) представлены в

таблице. Анализируя эти данные, мы видим, что отрицательных значений и значений, стремящихся к нулю нет. Такие значения заданий a_j указывают на ситуации, когда уровень подготовленности испытуемого не зависит от трудности заданий, и такие задания надо исключать из теста [3]. На практике рекомендуется использовать в тесте задания со значениями из интервала (0.5; 2.5). В этот интервал не попадают значения заданий 4 и 9, поэтому их надо переработать.

Заключение

На основе моделей современной теории тестирования Г. Раша и А. Бирнбаума проанализирован тест «Применение информационных технологий в лесном хозяйстве», который показал, что тест легкий, задания в нем надо усложнить. Одно из заданий 3 или 5 надо убрать, т.к. они одинаковой трудности, а задания 4 и 9 переработать из-за их завышенной дифференцирующей способности.

Список литературы

1. Евдокимова, С.А. Информационно-обучающая система по дисциплине «Информационные технологии в лесном хозяйстве» / С.А. Евдокимова, А.Г. Шматова // Моделирование систем и процессов. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 4-9.

2. Свидетельство об официальной регистрации. Информационно-обучающая система по дисциплине «Информационные технологии в лесном хозяйстве» / С.А. Евдокимова, А.Г. Шматова. – №2017663067 от 23.11.2017.

3. Челышкова, М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов : учебное пособие / М.Б. Челышкова. – М.: Логос, 2002. – 432 с.

4. Ким, В.С. Тестирование учебных достижений : монография. – Уссурийск : Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.

5. Евдокимова, С.А. Математико-статистическая оценка результатов теста на основе IRT / С.А. Евдокимова, М.А. Кащенко // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 3. – С. 16-22.

6. Муратова, Л.А. Анализ теста «Теория функций комплексной переменной» с привлечением моделей Раша и Бирнбаума / Л.А. Муратова // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. – 2019. – № 1 (41). – С. 111-126.

Аспекты имитационного моделирования радиолиза полимеров

С. А. Зайцев, email: kondroshsergiano@gmail.com
Е. А. Карпов, email: believedream95@gmail.com
А. С. Коновской, konovar68@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе приводятся результаты моделирования пространственной структуры комплекса цепных полимерных молекул с фиксированным валентным углом и последующего его облучения ионизирующим излучением. Расчет конформации, конфигурации молекул и межмолекулярных связей производится посредством стохастического моделирования. Моделирование радиолиза производится путем моделирования треков частиц ионизирующего излучения при прохождении их через молекулярный ансамбль. Изучено изменение молекулярно-массового распределения при образовании межмолекулярных связей на этапе полимеризации и при воздействии на модель ионизирующего излучения. Моделирование производилось при помощи языка Python.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, компьютерное моделирование, полимеризация, радиолиз.*

Введение

Одним из непосредственных атрибутов хозяйственной деятельности человека является производство пластмасс. Первая синтетическая пластмасса была произведена на основе нитроцеллюлозы в 1855 году английский ученым Александром Паркесом и была названа по фамилии создателя – паркезином.

С середины прошлого века общемировое производство пластмасс растет по экспоненте и в настоящее время годовой объем производства составляет 350-400 миллионов тонн [1]. Общее же количество произведенного пластика составляет около 6-8 миллионов тонн. Из этого количества было переработано около 9%, а сожжено 12%.

Помимо попадания в естественные пищевые цепочки, пластмассовые отходы, разлагаясь в течение столетий, могут выделять вещества, влияние которых на биосферу непредсказуемо. Существуют виды пластиков с повышенной способностью к ускоренному разложению, в том числе био-, уф- и оксоразлагаемые. Однако зачастую

© Зайцев С. А., Карпов Е. А., Коновской А. С., 2021

разлагающие агенты обеспечивают распад исходных изделий на микрочастицы из того же самого пластика, который и далее участвует в пищевых цепочках. Также, в настоящее время активно ведутся научные изыскания по созданию бактерий, которые могут перерабатывать обычные виды пластика. Существует несколько традиционных химических и термохимических способов разложения полимеров. Стоит отметить, что данным способам переработки присуща либо высокая температура, либо высокое давление, либо и то и другое. То есть, для осуществления данных процессов необходимо большое количество внешней энергии.

Таким образом, поиск альтернативных способов переработки отходов данного вида становится значимой задачей для современного человечества. Для достижения данной цели могут быть применены не только химические способы, но и радиационные (так называемый радиолиз). Одним из альтернатив является методика разложения под воздействием ионизирующего излучения, которая также позволяет в некоторых случаях ускорять/способствовать полимеризации.

Важным шагом для внедрения радиолиза в промышленное производство является создание компьютерных моделей, позволяющих достоверно моделировать процессы, происходящие при облучении молекулярных структур.

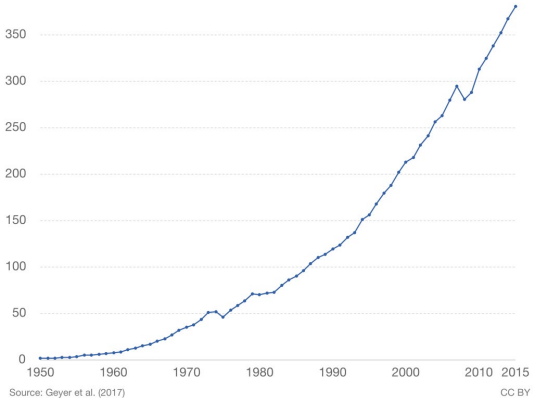


Рис. 1. Общемировое производство пластика по годам в млн. тонн

2. Моделирование пространственной структуры

В простейших статистических теориях полимерную молекулу моделируют в виде бестелесной свободно-сочлененной цепи, отдельные

звенья которой подвергаются хаотическому тепловому движению. Тогда построение полимерной цепи осуществляется последовательно, с помощью углов Эйлера:

$$R=\begin{pmatrix}\cos(\alpha)\cos(\gamma)-\cos(\beta)\sin(\alpha)\sin(\gamma) & -\cos(\gamma)\sin(\alpha)-\cos(\alpha)\cos(\beta)\sin(\gamma) & \sin(\beta)\sin(\gamma)\\ \cos(\beta)\cos(\gamma)\sin(\alpha)+\cos(\alpha)\sin(\gamma) & \cos(\alpha)\cos(\beta)\cos(\gamma)-\sin(\alpha)\sin(\gamma) & -\cos(\gamma)\sin(\beta)\\ \sin(\alpha)\sin(\beta) & \cos(\alpha)\sin(\beta) & \cos(\beta)\end{pmatrix} \quad (2)$$

Находится вектор с началом в последнем узле молекулы, согласно заданным углам поворота , затем на векторе откладывается отрезок, равный длине межатомной связи, его конец – это координаты следующего узла полимерной цепи. В случае цепи с фиксированными валентными углами по схожему алгоритму применяется матрица поворота вокруг произвольной оси где $\overline{v}=(x,y,z)$– единичный вектор, задающий ось вращения, а θ – угол поворота.

$$M(\overline{v},\theta)=\begin{pmatrix}\cos(\theta)+(1-\cos(\theta))x^2 & (1-\cos(\theta))xy-\sin(\theta)z & (1-\cos(\theta))xz+\sin(\theta)y\\ (1-\cos(\theta))yx+\sin(\theta)z & \cos(\theta)+(1-\cos(\theta))y^2 & (1-\cos(\theta))yz-\sin(\theta)x\\ (1-\cos(\theta))zx-\sin(\theta)y & (1-\cos(\theta))zy+\sin(\theta)x & \cos(\theta)+(1-\cos(\theta))z^2\end{pmatrix} \quad (3)$$

Так как в ансамбле есть несколько цепочек, после расчета каждого конечного мономера, последующий мономер, то есть начало цепочки задается случайным образом. Возможны случаи, когда мономер выходит за границы области моделирования, или оказывается расположенным слишком близко к уже имеющимся в модели мономерам.

Чтобы исключить данные ошибки, применены алгоритмы перерасчета в совокупности с программными счетчиками. Первый счетчик учитывает количество перерасчетов отдельного мономера, и обнуляется при переходе на новый мономер. Второй счетчик учитывает суммарное количество ошибок при расчете каждой молекулы. В случае возникновения ошибки выхода за границы бокса или при самопересечении молекулы расчет мономера повторяется, при этом происходит приращение счетчика ошибок по мономеру, как только значение данного счетчика превышает установленный предел, алгоритм расчета координат рассчитывает координаты предыдущего мономера заново.

Попутно при приращении первого счетчика так же приращивается и второй. В случае, если второй счетчик превышает предельное значение, процесс расчета мономеров текущей молекулы начинается заново, с первого узла. При этом счетчик ошибок по молекуле сбрасывается. Процедура расчета координат мономеров ансамбля продолжается до тех пор, пока все мономеры не будут рассчитаны. Блок-схема процесса представлена на рис.2. Пример ансамбля из 3000 мономеров в ячейке пространства 20*20*20 (в единицах длины связи

между мономерами) представлен на рис. 3. Молекулы имеют вид цепочки с валентным углом в 75 градусов.

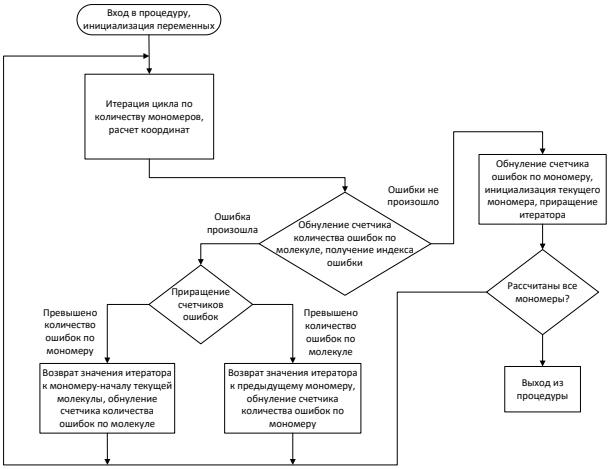


Рис. 2. Блок-схема процесса построения молекулярного ансамбля

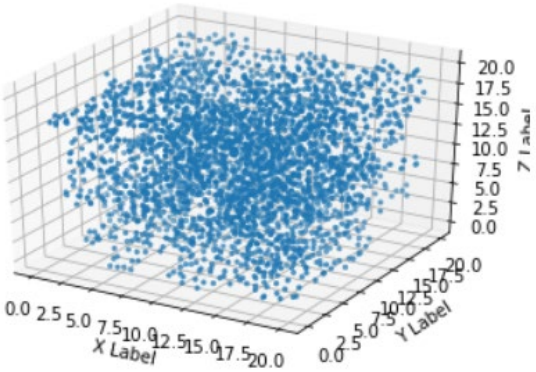


Рис. 3. Ансамбль из 3000 мономеров в 21 молекуле

3. Моделирование процесса полимеризации

Вторым этапом в построении пространственной модели молекул является моделирование образования межмолекулярных связей между отдельными молекулами ансамбля. Данный процесс имеет место быть на этапе вулканизации или полимеризации эластомеров и полимеров, в

результате образуется единая связанная пространственная структура, вторичные связи имеют на порядки более маленькие энергетические характеристики относительно первичных связей, но влияние их на эксплуатационные характеристики изделий из того или иного полимера очень и очень значительно.

Алгоритм построения вторичных связей состоит из двух этапов: выявление всех потенциальных пар мономеров которые могут образовать вторичные связи (с учетом максимального расстояния между мономерами, при превышении которого связь не образуется), и непосредственно добавление связей в модель (с заданной вероятностью образования оных, которая может быть обоснована особенностями полимеризации моделируемого полимера) на основе потенциальных пар, рассчитанных на первом этапе. На рис.4 представлена визуализация ансамбля без вторичных связей и с ними.

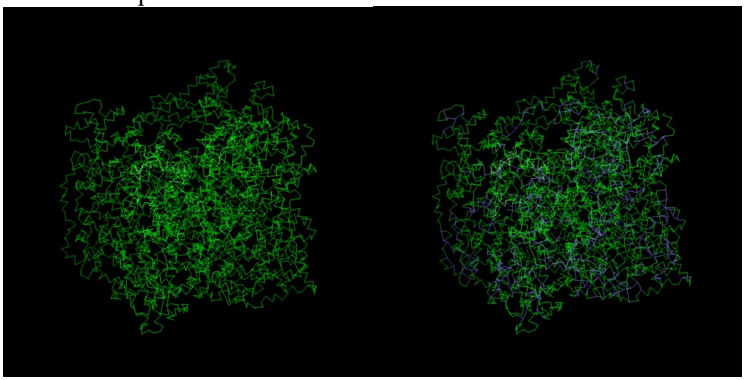


Рис. 4. Внешний вид ансамбля из 1000 мономеров до и после образования межмолекулярных соединений

Одной из важнейших характеристик для данного типа задач является молекулярно-массовое распределение (ММР, полидисперсность), позволяющее однозначно сопоставить текущее состояние внутренней структуры полимера и его эксплуатационные характеристики, степень содержания отдельных мономеров в образце и так далее [2, 3]. ММР представляет собой отношение соотношение количеств макромолекул различной молекулярной массы в данном образце полимера.

В качестве примера приведем модель ансамбля, изначальное ММР которого было задано как набор коротких цепочек длиной до 500 мономеров, всего в ансамбле 3000 мономеров, визуализация ММР до построения вторичных связей представлена на рис.5.

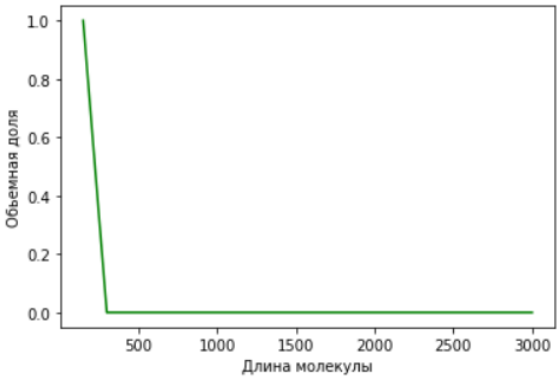


Рис. 5. ММР ансамбля до образования вторичных связей

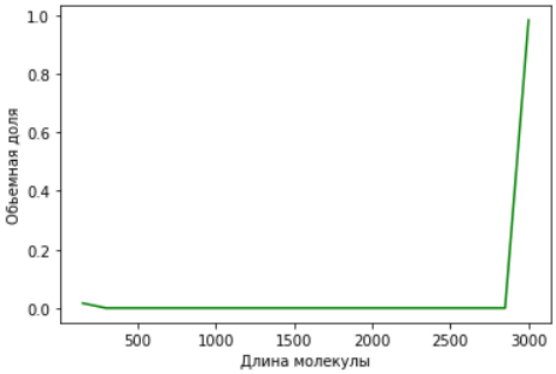


Рис. 6. ММР ансамбля после образования вторичных связей

Далее было произведено моделирование образования вторичных связей, вероятность образования связи из каждой потенциальной пары была задана как 98%. Как и следует ожидать из практики, ансамбль теперь представляет собой почти целую макромолекулу, за исключением незначительной доли непрореагировавших низкомолекулярных цепочек.

4. Моделирование процесса радиолиза

Дальнейшим этапом является моделирование расщепления связей первого и второго типа под воздействием ионизирующего излучения. В качестве первого приближения взаимодействие заряженных частиц с ансамблем можно представить как одновременное прохождения нескольких траекторий заряженных частиц сквозь молекулярный

ансамбль. При этом стохастически и с учетом расстояния между частицей и отдельными мономерами моделируются разрывы связей первого или второго рода. Так как величины энергетических показателей межмолекулярных связей гораздо меньше, нежели чем показатели связей между мономерами, распределения вероятности разрыва имеют разный вид. В качестве примера был взят тот же ансамбль из пункта выше, и проведено моделирование его разрушения, при использовании 1000 траекторий заряженных частиц. Распределение вероятности разрушения связей базировалось на экспоненциальном распределении. ММР ансамбля после воздействия представлено на рис.7. Характерно, что ММР оказалось сдвинуто в сторону низкомолекулярных соединений.

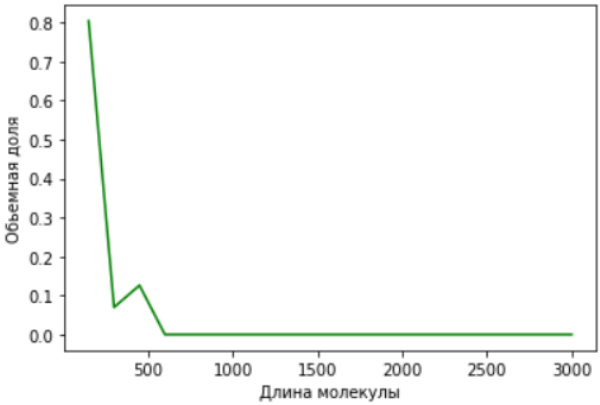


Рис. 7. ММР ансамбля после моделирования процесса радиолиза

Заключение

На основе данных алгоритмов и разработанного программного обеспечения на языке Python планируется создать программный комплекс, позволяющий проводить имитационное моделирование радиолиза различных полимеров, обладающих большим многообразием конфигураций и конформаций, а также соотносить теоретические и экспериментальные данные. В комплексе планируется межмолекулярное взаимодействия полимерных цепей 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.

Благодарность

Настоящая работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-08-00158.

Список литературы

1. Аксенов В.И., Золотарев В.Л., Малыгин А.В., Рахматуллин А.И. Производство синтетических каучуков в Российской Федерации и за последние десять лет. Краткие итоги / В.И. Аксенов, В.Л. Золотарев, А.В. Малыгин, А.И. Рахматуллин // Производство и использование эластомеров. – 2015. – №1. – С.10–17.

2. Tikhomirov S. G., Polevoy P. S., Semenov M. E. and Karmanov A. V. Modeling of the destruction process of butyl rubber / Radiation physics and chemistry – 2019 – Vol. 158 – p. 205-208.

3. Тихомиров С.Г., Семенов М.Е., Хаустов И.А., Битюков В.К., Хвостов А.А., Карманова О.В., Попов А.П. Контроль и прогнозирование параметров качества полимеров в процессе их деструкции в растворе / Теоретические основы химической технологии – 2018 – Т. 52 – № 4 – С. 466-472.

Основные спектральные характеристики речевых сигналов и их определение

С. А. Иванушкин, email: nr.kvvu@yandex.ru [2]
М. И. Поддубный, email: podd.maxim@yandex.ru [2]
Д. А. Косарев [2], А. В. Вешкин [2], П. С. Заборских [2], Ю. И. Елгин [2]

[1] КВВУ им. генерала армии С. М. Штеменко
[2] ФГАУ ВИТ «ЭРА»

Аннотация. *В работе представлен перечень основных частотных, временных и энергетических характеристик речевого сигнала и их определение в программной среде.*

Ключевые слова: *речевые сигналы, спектральные характеристики, частотные характеристики, временные характеристики, энергетические характеристики, речеподобная помеха, маскирование речевого сигнала.*

Введение

В системах активной виброакустической защиты речевой информации используются, главным образом, защитные помехи типа «Белый шум» или его модификации [2]. Однако в последнее время более пристальное внимание привлекает речеподобная помеха. Применение речеподобной помехи позволяет в ряде случаев снизить требуемые уровни защитного сигнала и уменьшить эффективность средств шумоочистки.

Еще в середине 50-х годов прошлого века отечественные исследователи Л.А. Варшавский и И.М. Литвак высказали гипотезу о том, что акустическое качество звуков речи определяется соотношением уровней сигнала в полосах спектра. Форманты являются лишь доступным для речевого аппарата человека способом достижения необходимых полосных соотношений.

При расширении исследований в рамках задачи формирования речеподобных шумовых помех возникают новые вопросы. Это требует развития теории определения акустического качества звуков речи применительно к речевому сигналу, то есть определению тех или иных спектральных характеристик говорящего по параметрам его голоса.

Таким образом, существует необходимость в определении основных спектральных характеристик речевых сигналов с целью их последующего применения при формировании речеподобной помехи

© Иванушкин С.А., Поддубный М.И., Косарев Д.А., Вешкин А.В., Заборских П.С., Елгин Ю.И., 2021

для ее использования при ведении защищаемых конфиденциальных переговоров [4].

В работе приведен перечень частотных, энергетических и временных спектральных характеристик, и разработана методика их определения.

1. Перечень основных спектральных характеристик речевых сигналов

Спектральные характеристики всех звуковых сигналов в общем случае подобны и описаны в большинстве книг курса общей физики. Определяются они с помощью двух основных зависимостей, раскрывающих их состав в полной мере: зависимость амплитуды от времени (осциллограмма или амплитудно-временная характеристика) и зависимость амплитуды от частоты (спектрограмма или амплитудно-частотная характеристика). Особенностью же речевых сигналов является наличие формантных областей – набора гармоник, образующих определенный звук речи [7].

Все речевые сигналы можно условно подразделить на то, что схоже у определенного состава людей – это отношение к какой-либо языковой группе: подобный набор произносимых слов и звуков, и то, что индивидуально для каждого человека – ряд уникальных особенностей, выраженных в физической индивидуальности речи, произношении, тембра голоса, так называемом артикуляционном аппарате человека. Данные особенности позволяют идентифицировать человека. Для формирования наиболее эффективной речеподобной помехи наиболее важными параметрами являются именно индивидуальные особенности речи [3].

При формировании перечня спектральных характеристик из формантных областей берется в расчет только первая (основная) гармоника, так как она является наиболее информативной. Остальные гармоники лишь определяют произнесенный звук, что в большинстве случаев является общим для одного языкового состава людей.

В соответствии с измеряемой величиной основные спектральные характеристики разделены на следующие подгруппы: частотные, энергетические и временные. Речевой сигнал является не постоянной величиной и для полной картины его состава необходим контроль значений в каждый момент времени, поэтому для каждой характеристики определяется ее минимальное, среднее и максимальное значение.

Важным уточнением является то, что речевой сигнал является непрерывным во времени, и под гармоникой понимается некоторая спектральная плотность с выраженным пиком амплитуды.

Частотные характеристики речи:

– частота основного тона – F_{OT} (Гц) – частота первой гармоники спектра;

– период основного тона – $T_{OT} = 1 / F_{OT}$ (мс);

– количество побочных гармоник (формантных областей) – $N_Г$;

– нижняя частота спектра – $f_H = F_{OT}$ (Гц);

– верхняя частота спектра – f_B (Гц);

– частотный диапазон – $\Delta f = f_B - f_H$ (Гц);

– частота максимального уровня спектральной плотности – F_{Imax} (Гц).

– Энергетические характеристики речи:

– нижний уровень громкости речи – I_H (дБ);

– верхний уровень громкости речи – I_B (дБ);

– динамический диапазон – $\Delta I = I_B - I_H$ (дБ);

– амплитуда основного тона – I_{OT} (дБ).

– Временные характеристики речи:

– длительность звука речи – $\tau_{ЗВ}$ (мс);

– длительность пауз речи между словами – $\tau_{ПС}$ (мс);

– длительность пауз речи между фразами – $\tau_{ПФ}$ (мс);

– скорость звуков речи – $\nu_{ЗВ}$ (звуков/с);

– темп речи – $\nu_{СЛ}$ (слов/мин);

– плотность речи – ρ_P (%) – отношение времени наличия звука к полному времени речевого сигнала;

– скорость изменения уровня громкости основного тона – $\nu_{ГОТ}$ (дБ/с);

– скорость изменения частоты основного тона – $\nu_{ЧОТ}$ (Гц/с).

2. Определение основных спектральных характеристик речевых сигналов

В соответствии с перечнем основных характеристик представлена методика их определения, с помощью аудио редактора и плагина анализатора спектра звуковых сигналов.

Перед тем как приступить к исследованию основных характеристик речевых сигналов необходимо подготовить звуковые файлы: выровнять их средние значения программной громкости, длительность файлов, определить начальные настройки звуковых

плагинов. Для выравнивания среднего значения программной громкости необходимо использовать линейные усилители, которые не вносят дополнительных искажений в исследуемые сигналы.

В цифровом представлении сигналов речь идет именно о программной громкости, характеризующей насколько громко слушателем, воспринимается материал. Данная величина является относительной и рассчитывается по специальному алгоритму, учитывающему восприятие звука человеком, разработанному ITU – BS.1770 [6, 8, 9].

Порядок определения спектральных характеристик представлен для одного звукового файла. Некоторые характеристики объединены в один пункт из-за схожего метода определения значений.

3. Определение частотных характеристик

Частота основного тона (ЧОТ). Количество побочных гармоник (ПГ). Нижняя частота спектра (НЧС). Верхняя частота спектра (ВЧС). Частота максимального уровня спектральной плотности (ЧМУСП)

Для определения данных характеристик необходимо использовать спектрограмму. Порядок определения значений частотных характеристик:

1. Зациклить и воспроизвести временной промежуток с выраженным участком речи, примерной длительностью 0.5-1 секунды.
2. Зафиксировать спектр зацикленного участка звуковой записи.
3. С помощью курсора и индикаторов определить значения:

– ЧОТ = НЧС – значение частоты основного тона;
– ПГ – количество гармоник в спектре;
– ВЧС – значение верхней частоты в спектре сигнала;
– ЧМУСП – значение частоты с максимальным значением амплитуды в спектре сигнала.

4. Записать полученные значения в экспериментальные таблицы.
5. Повторить п. 1-5 со следующим временным промежутком до конца звукового файла.

Период основного тона

Период основного тона определяется с помощью частоты основного тона по формуле (1):

$$T_{ОТ} = 1 / F_{ОТ} \text{ [с]} \quad (1)$$

где $F_{ОТ}$ – частота основного тона в Гц.

Значения заносятся в экспериментальную таблицу.

Частотный диапазон

Частотный диапазон определяется с помощью НЧС и ВЧС по формуле (2):

$$\Delta f = f_B - f_H \ [\text{Гц}] \qquad (2)$$

где f_B – верхняя частота в спектре в Гц, f_H – нижняя частота в спектре в Гц.

4. Определение энергетических характеристик

Нижний уровень громкости речи (НУГР). Верхний уровень громкости речи (ВУГР). Амплитуда основного тона (АОТ)

Для определения данных характеристик необходимо использовать спектрограмму. Порядок определения значений энергетических характеристик:

1. Зациклить и воспроизвести временной промежуток с выраженным участком речи, примерной длительностью 0.5-1 секунды.
2. Зафиксировать спектр зацикленного участка звуковой записи.
3. С помощью курсора и индикаторов определить значения:

– НУГР – уровень громкости, соответствующий амплитуде гармоники с наименьшей амплитудой;

– ВУГР – уровень громкости, соответствующий амплитуде гармоники с наибольшей амплитудой;

– АОТ – уровень громкости, соответствующий амплитуде первой гармоники спектра.

4. Записать полученные значения в экспериментальные таблицы.
5. Повторить п. 1-5 со следующим временным промежутком до конца звукового файла.

Динамический диапазон

Динамический диапазон определяется с помощью полученных значений в предыдущем пункте. Значения динамического диапазона рассчитываются по формуле (3):

$$\Delta I = I_B - I_H \ [\text{дБ}] \qquad (3)$$

где I_B – верхний уровень громкости речи в дБ, I_H – нижний уровень громкости речи в дБ.

Полученные значения заносятся в экспериментальную таблицу.

5. Определение временных характеристик

При определении временных характеристик не принимается в расчет физиологическая и акустическая классификация звуков речи [1].

Под звуком речи понимается минимальная произносимая единица языка, обладающая определённым спектральным составом.

Длительность звука речи (ДЗР)

Длительность звука речи определяется с помощью временной шкалы в аудио редакторе. Порядок определения значений длительностей звука речи:

1. Зациклить и воспроизвести временной промежуток с выраженным участком речи, примерной длительностью 100 мс (длительность одного звука в среднем составляет 20-350 мс [5]).
2. С помощью передвижения границ цикла добиться звучания одного звука.
3. Определить значения времени начала и конца цикла и вычислить длительность звучания одного звука.
4. Записать полученное значение в экспериментальную таблицу.
5. Повторить п. 1-5 со следующим временным промежутком до конца звукового файла.

Длительность паузы между словами (ДПМС)

Длительность паузы речи также определяется с помощью временной шкалы в аудио редакторе. Порядок определения значений длительностей паузы речи:

1. Зациклить и воспроизвести временной промежуток с выраженным участком отсутствия звука речи (участок следует выбирать между произнесенными подряд словами).
2. С помощью передвижения границ цикла добиться полного отсутствия звучания звука речи.
3. Определить значения времени начала и конца цикла и вычислить длительность паузы речи.
4. Записать полученное значение в экспериментальную таблицу.
5. Повторить п. 1-5 со следующим временным промежутком до конца звукового файла.

Длительность паузы между фразами (ДПМФ)

Определения значений длительностей паузы речи между фразами идентичен определению значений длительностей пауз речи между словами. Различие заключается в выборе участка отсутствия звука речи. При определении ДПМФ участок выбирается между законченными фразами, данный участок, как правило, продолжительнее участка ДПМС.

Скорость звуков речи (СкЗР)

Единицей измерения скорости речи является количество звуков, произнесенных в секунду, и определяется с помощью временной шкалы в аудио редакторе. Порядок определения значений скорости речи:

1. Воспроизвести временной промежуток, с выраженным участком речи, длительностью 1 с.
2. Посчитать количество произнесенных звуков.
3. Записать полученное значение в экспериментальную таблицу.
4. Повторить п. 1-4 со следующим временным промежутком до конца звукового файла.

Темп речи (ТР)

Единицей измерения темпа речи является количество слов, произнесенных в минуту. Для его определения необходимо посчитать количество произнесенных слов в речевом сигнале и привести полученный результат к единице измерения – слов/мин по формуле (4):

$$\nu_{СЛ} = \frac{60 \cdot N_{СЛ}}{t_{ЗВ}} \quad [\text{слов/мин}] \tag{4}$$

где $N_{СЛ}$ – количество слов в речевом сигнале, $t_{ЗВ}$ – длительность речевого сигнала в секундах.

Записать полученное значение в экспериментальную таблицу.

Плотность речи (ПР)

Плотность речи – это отношение времени наличия звука к полному времени речевого сигнала. Данная величина показывает в процентном соотношении сколько времени из всего сигнала занимает речь. Для определения данной величины необходимо посчитать суммарную длительность всех звуков или пауз. Плотность речи определяется по формуле (5):

$$\rho_P = \frac{\sum_{i=1}^{m} \tau_{ЗВi}}{t_{ЗВ}} \cdot 100\% = \frac{t_{ЗВ} - \sum_{i=1}^{m} \tau_{ПIi}}{t_{ЗВ}} \cdot 100\% \tag{5}$$

где $\tau_{ЗВ}$ – длительность звука речи в секундах, $\tau_{П}$ – длительность отсутствия звука речи (паузы) в секундах, $t_{ЗВ}$ – длительность речевого сигнала в секундах.

Скорость изменения уровня громкости основного тона (ГОТ). Скорость изменения частоты основного тона (ЧОТ)

Для определения скорости изменения уровня громкости и частоты основного тона необходимо использовать спектр речевого сигнала. Порядок определения значений:

1. Зациклить и воспроизвести временной промежуток с выраженным участком речи, длительностью 1 с.
2. Зафиксировать спектр зацикленного участка звуковой записи, соответствующий минимуму значений ГОТ и ЧОТ.
3. Определить с помощью курсора и индикаторов:
   – ГОТ – уровень интенсивности, соответствующий амплитуде основного тона.
   – ЧОТ – значение частоты основного тона.
4. Зафиксировать спектр зацикленного участка звуковой записи, соответствующий максимуму значений ГОТ и ЧОТ.
5. Определить с помощью курсора и индикаторов:
   – ГОТ – уровень интенсивности, соответствующий амплитуде основного тона.
   – ЧОТ – значение частоты основного тона.
6. Рассчитать значения скорости изменения ГОТ и ЧОТ по формулам (6, 7):

$$\nu_{ГОТ} = I_{max} - I_{min}\ [\text{дБ/с}] \quad (6)$$

$$\nu_{ЧОТ} = f_{max} - f_{min}\ [\text{Гц/с}] \quad (7)$$

где I_{max}, I_{min} – максимальный и минимальный уровень громкости основного тона в дБ, f_{max}, f_{min} – максимальное и минимальное значение частоты основного тона в Гц.

7. Записать полученные значения в экспериментальную таблицу.
8. Повторить п. 1-8 со следующим временным промежутком до конца звукового файла

Вывод

Результатом работы является перечень основных спектральных характеристик и методика их определения с помощью аудио редактора и плагинов анализатора спектра. Применение указанной методики позволяет проводить испытания по определению и анализу частотных, временных и энергетических характеристик речевых сигналов. Знание основных спектральных характеристик способствуют более эффективному формированию речеподобной помехи для маскирования речевых сигналов.

Список литературы

1. Бодуэн де Куртенэ, И. А. Введение в языкознание / И. А. Бодуэн де Куртенэ, А. А. Реформатский. – М., 1977.

2. Дидковский, В. С. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации / В. С. Дидковский, М. В. Дидковская, А. Н. Продеус. – Киев, 2008. – 420 с.

3. Киреев, К. К. Основные параметры и разновидности речеподобных сигналов, применяемых для защиты речевой информации / К. К. Киреев, Н. А. Русин, П. С. Заборских, Ю. И. Елгин // Сборник КВВУ им. Штеменко. – Краснодар, 2020.

4. Поддубный, М. И. Система акустических и виброакустических помех для организации защиты помещений от утечки речевой информации / М. И. Поддубный, К. В. Киреев, Н. А. Русин, П. С. Заборских, Ю. И. Елгин // Сборник статей конференции «Информатика вычислительная техника». – Анапа: ФГАУ ВИТ «ЭРА», 2020.

5. Покровский, Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н. Б. Покровский. – М.: Связьиздат, 1962.

6. Приказ Минкомсвязи России №171. Об утверждении Рекомендаций в области нормирования звуковых сигналов в телерадиовещании – Утв. 2005-05-21.

7. Сапожков, М. А. Акустика : Справочник / М. А. Сапожков. – М. : Радио и связь, 1989.

8. EBU Recommendation R 128. Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals. – Введ. авг. 2020. – Женева : Европейский вещательный союз.

9. ITU-R BS.1770. Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level. – Введ. окт. 2015. – Женева : Международный союз электросвязи.

Моделирование зоны обслуживания одновременно наблюдаемых спутников-ретрансляторов в интересах радиоконтроля

Б. В. Илларионов
Д. С. Малиев, e-mail: dmaliev@mail.ru
А. С. Парфенов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В интересах радиоконтроля систем спутниковой связи проведено моделирование зоны обслуживания одновременно наблюдаемых спутников-ретрансляторов, учитывающее влияние различных дестабилизирующих факторов на параметры тестовых сигналов при их распространении в свободном пространстве, что позволяет воспроизвести процессы обработки тестовых сигналов при реализации математических алгоритмов распознавания принадлежности сигналов линий спутниковой связи излучениям одновременно наблюдаемых спутников-ретрансляторов.*

Ключевые слова: *радиоконтроль; спутниковая связь; тестовый сигнал.*

Введение

Целесообразность решения задачи распознавания принадлежности сигналов линий спутниковой связи (СС) излучениям одновременно наблюдаемым геостационарным спутникам-ретрансляторам (СР) способом диагностики трактов ретрансляции спутников связи с использованием специально сформированных тестовых сигналов (ТС) в интересах их радиоконтроля обусловлена большим количеством СР, размещенных на разных орбитах [1, 2, 3].

Решение задачи распознавания может быть проведено с использованием различий в значениях компонентов векторных параметров положения одновременно наблюдаемых СР $\overrightarrow{\Pi}\{a,b,c\}$ [2, 4].

В этой связи моделирование зоны обслуживания одновременно наблюдаемых СР, которое учитывает различные дестабилизирующие факторы на распространение радиоволн в свободном пространстве, в интересах радиоконтроля систем СС способом диагностики трактов ретрансляции создает предпосылки для реализации алгоритмов

© Илларионов Б. В., Малиев Д. С., Парфенов А. С.

распознавания в имитационной модели, воспроизводящей процессы обработки ТС, и является актуальным.

1. Вербальная описательная модель.

В интересах радиоконтроля линий СС обычно рассматривается ствол ретрансляции одного спутника. Решение задачи распознавания принадлежности сигналов линий СС при одновременном наблюдении излучений двух СР с учетом априорной неопределенности о параметрах наблюдаемых трактов ретрансляции, пространственного положения СР и точки наблюдения, дрейфа геостационарного СР позволяет провести вербальная описательная модель трактов ретрансляции и обработки ТС при попарном одновременном наблюдении излучений двух СР, которая представлена на рис. 1 [1,5].

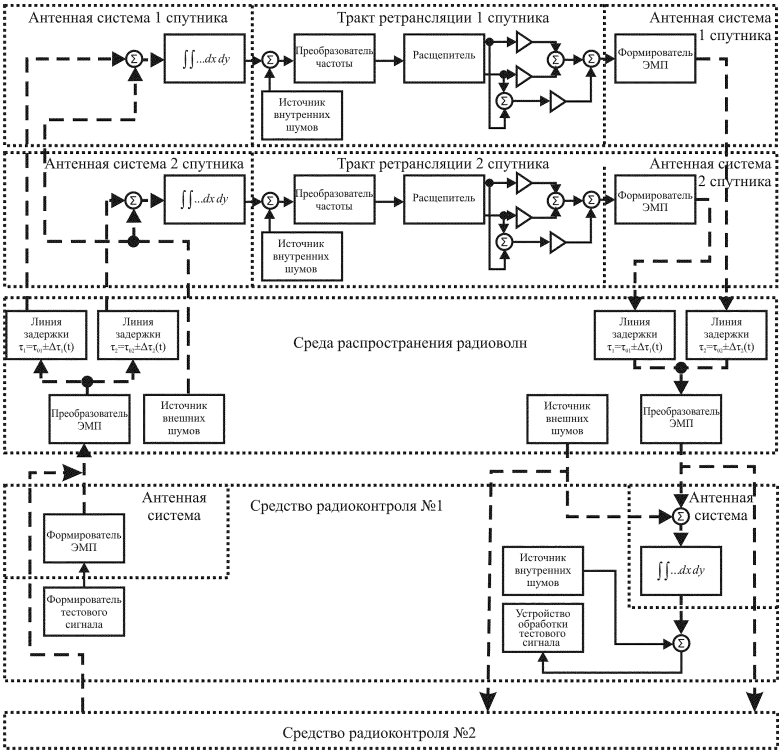


Рис. 1. Вербальная описательная модель трактов ретрансляции и обработки ТС при попарном одновременном наблюдении излучений двух СР

Вербальная модель, включающая в себя блоки оказывающие принципиальное влияние на распространение и обработку ТС с различных точек наблюдения на поверхности Земли, совместно с применением энергетического расчета тракта ретрансляции одного спутника позволяет проводить детерминированные и статистические расчеты в задаче распознавания линий СС применительно к процедурам анализа компонентов векторного параметра положения $\vec{\Pi}\{a,b,c\}$.

2. Модель изменения частотно-временных параметров ТС

Наличие дрейфа СР вокруг подспутниковой точки на геостационарной орбите обусловливает появление меняющейся дальности от точки наблюдения и доплеровского сдвига частоты ретранслированного ТС. В этой связи конкретизация вербальной описательной модели трактов ретрансляции и обработки ТС при попарном одновременном наблюдении излучений двух СР по оценке времени распространения сигналов τ_3, вследствие меняющейся дальности от точки наблюдения до СР, и доплеровского сдвига частоты ретранслированных ТС f_o, обусловленного движением СР и его пространственным положением относительно точки наблюдения, проведена с использованием модели изменения частотно-временных параметров ТС при нестабильности орбиты контролируемого геостационарного СР [3,4].

Модель изменения частотно-временных параметров ТС разработана в рамках сферической тригонометрии применительно к условиям априорной неопределенности о виде фигуры дрейфа спутника в пространстве в виде множества сечений аксонометрических овалов Кассини, при различных скоростных режимах дрейфа спутника как производных от траектории движения спутника по времени и его положения относительно средства радиоконтроля в любой точке на поверхности Земли [3]:

$$\rho_{CP}^2 = c^2 \cos 2\varphi_{CP} + \sqrt{c^4 \cos 2\varphi_{CP} + (a^4 - c^4)}\,, \qquad (1)$$

где ρ_{CP}, φ_{CP} – координаты нахождения геостационарного СР; c – фокусное расстояние; a – произведение расстояний от фокусов до любой точки кривой.

Модель позволяет оценить величины задержек ТС τ_3, прошедших различные тракты ретрансляции, как функции дальности, меняющейся в зависимости от характера дрейфа спутников, модули $|f_o|$ и знаки

доплеровских сдвигов частот b f_{∂} ТС, как функции скорости смещения СР по траектории дрейфа [4]:

$$\tau_3 = \frac{2}{c}\sqrt{\begin{array}{l} d_0^2 + \rho_{CP}^2 - 2d_0\rho_{CP} \times \\ \times\cos\left[\varphi_{CP} - \arccos\left(\dfrac{\left(H + R(\xi)\right)^2 + d_0^2 - R(\xi)^2}{2d_0\left(H + R(\xi)\right)}\right)\right]\cos\gamma_{CP} \end{array}}, \quad (2)$$

где d_0 – расстояние от точки наблюдения до позиции геостационарного СР; (ξ,β) – географическая координаты точки наблюдения; $R(\xi)$ – радиус Земли; H – высота ГСО; γ_{CP} – угол вращения плоскости овала Кассини вокруг оси ОУ; c – скорость света;

$$f_d = \pm(2f_{TC} - \Delta f_R)\frac{d\varphi_{CP}}{dt}\left(\frac{\rho_{CP}^2 + L^2 - r^2}{2\rho_{CP}L}\right) \times$$
$$\times\sin\left(\arccos\left(\frac{d_{CP}^2 + d^2 - L^2}{2d_{CP}d}\right)\right) + \quad , \quad (3)$$
$$+ f_{TC}\left(\frac{d\varphi_{CP}}{dt}\left(\frac{\rho_{CP}^2 + L^2 - r^2}{2\rho_{CP}L}\right)\sin\left(\arccos\left(\frac{d_{CP}^2 + d^2 - L^2}{2d_{CP}d}\right)\right)\right)^2$$

где f_{TC} – частота ТС; Δf_R – частотная подставка ствола ретрансляции; $d\varphi_{CP}/dt$ – производная полярного угла, позволяющая определить мгновенную скорость движения спутника по трехмерной фигуре; d, r, L – расчетные значения расстояний, необходимых для определения углов, под которыми просматривается СР, движущийся по трехмерной фигуре.

3. Моделирование зоны обслуживания СР

Основная особенность линий спутниковой связи – наличие больших потерь сигнала, обусловленных затуханием его энергии на трассах большой физической протяженности. Так, для СР, размещенных на геостационарной орбите, затухание сигнала может достигать 200 дБ. Помимо основного затухания при распространении в пространстве, сигнал в линиях СС подвержен влиянию большого числа других факторов, таких как поглощение сигнала в газах атмосферы, фарадеевское вращение плоскости поляризации, рефракция, деполяризация и т.д. С другой стороны, на приемное устройство спутника кроме собственных шумов воздействуют разного рода помехи

в виде излучения космоса, Солнца и планет, а также мешающие радиосигналы от земных станций, не являющихся абонентами данной системы. Внешние факторы, учитываемые при моделировании, представлены на рис. 2.



Рис. 2. Учитываемые при моделировании внешние факторы воздействия

На основе полученной в модели изменения частотно-временных параметров ТС при нестабильности орбиты контролируемого геостационарного СР дальности от точки наблюдения до геостационарного спутника, движущегося по трехмерной фигуре дрейфа (2), и усиления ДН антенны СР производится расчет суммарного ослабления ТС L_{Σ}, характерного для распространения радиоволн на участках линий СС «вверх», «вниз», и учитывает поглощения энергии сигнала в атмосфере $L_0 + L_a$, потерь из-за рефракции L_{rf} и фазовых эффектов в атмосфере L_f, ослабления сигнала в условиях рассогласования поляризационных характеристик антенн L_p, деполяризации L_{dp} и при малых углах места L_β:

$$L_{\Sigma} = L_a + L_0 + L_{rf} + L_f + L_p + L_{dp} + L_\beta . \qquad (4)$$

Учет суммарного ослабления ретранслированного ТС лежит в основе построения зоны облуживания наблюдаемого СР, которая

задается координатами спутника на орбите и точкой прицеливания в центр зоны обслуживания и представляет из себя линии равного уровня формируемые на поверхности Земли с использованием эллиптичности аппроксимируемой ДН и геометрии взаимного положения спутника и точки прицеливания. Моделирование ситуаций одновременного наблюдения сигналов (излучений) пространственно-разнесенных СР обеспечивается посредством задания координат разнесенных центров зон обслуживания близко расположенных спутников, пересечения которых и характеризует эту возможность – рис. 3 (а – спутник №1; б – спутник №2; пунктирные линии – наложение зоны обслуживания спутника №2 (спутника №1) соответственно).

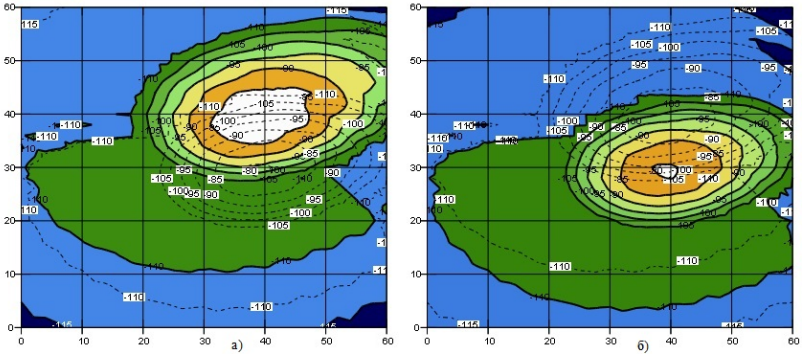


Рис. 3. Зоны обслуживания одновременно наблюдаемых СР

Выводы

Энергетический расчет пересекающихся зон обслуживания пространственно-разнесенных СР, учитывающих влияние различных дестабилизирующих факторов на параметры ТС при их распространении на участках линий СС «вверх», «вниз» в свободном пространстве, позволяет воспроизвести процессы обработки ТС при реализации математических алгоритмов распознавания принадлежности сигналов линий СС излучениям одновременно наблюдаемых СР.

Список литературы

1. 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.

2. 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.

3. Илларионов, Б.В. Подход к распознаванию излучений одновременно наблюдаемых спутников – ретрансляторов на основе моделирования пространственного дрейфа / Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: в 5 т. / под ред. Н.А. Тюкачева, А.А. Крыловецкого, Воронеж, ВГУ, 9-10 февраля 2017 г. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации. – 2017. – Т.3. – С. 89-95.

4. Малиев, Д.С. Моделирование частотно-временных параметров тестовых сигналов при нестабильности орбиты контролируемого геостационарного спутника-ретранслятора / Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев, Д.А. Червань // Телекоммуникации. – 2020. – № 6. – С. 8-13.

5. Илларионов, Б.В. Модели распознавания сигналов линий спутниковой связи при одновременном наблюдении нескольких спутников-ретрансляторов / Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев // Сб. научн. ст. по материалам V Всероссийской науч.-практ. конф. «Академические Жуковские чтения» (22-23 ноября 2017г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – С. 146-152.

Оценка точности реконструкции электрофизических параметров многослойных радиопоглощающих покрытий методом поверхностных электромагнитных волн с помощью имитационной модели в системе Matlab

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. *В данной работе представлена имитационная модель, позволяющая оценивать точность реконструкции электрофизических и геометрических параметров многослойных радиопоглощающих покрытий многочастотным методом поверхностных электромагнитных волн. Имитационная модель реализована в виде набора подпрограмм в системе Matlab. Приведены результаты имитационного моделирования по реконструкции диэлектрических проницаемостей и толщин одно- и двухслойных диэлектрических покрытий при различных значениях среднего квадратического отклонения уровня шума в измерительных данных.*

Ключевые слова: *многослойное радиопоглощающее покрытие, многочастотный метод поверхностных электромагнитных волн, имитационная модель, электрофизические параметры.*

Введение

Уменьшение мощности рассеиваемых радиоволн применяется для снижения радиолокационной заметности образцов вооружения, военной и специальной техники, создания антенн и антенных решеток с необходимыми свойствами, обеспечения электромагнитной совместимости и решении других задач. Один из способов уменьшения мощности рассеиваемых радиоволн заключается в применении радиопоглощающих покрытий (РПП). Их эффективность определятся электрофизическими и геометрическими параметрами (ЭФГП). От точности измерений ЭФГП зависят возможности объектов, в которых применяются РПП. Таким образом, разработка новых методов измерения ЭФГП многослойных РПП, а также обнаружение в них межслойных дефектов является актуальной научной задачей [1,2].

© Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д. А., 2021

В [3, 4] показано, что повышение эффективности контроля ЭФГП многослойных диэлектрических материалов и покрытий возможно путем применения многочастотного метода поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ). В качестве информативного параметра при этом выступает комплексный коэффициент ослабления поля ПЭМВ $\dot{\alpha}(f,\xi_{\text{п}},\xi_{\text{д}})$, где f – частота зондирующего сигнала, $\xi_{\text{п}}=\{\dot{\varepsilon}_i,...,\dot{\varepsilon}_n,\dot{\mu}_{n+1},...,\dot{\mu}_{2n},b_{2n+1},....,b_{3n}\}$, $i=1,...,3n$ – $3n$-мерный вектор описывающий ЭФГП n-слойного покрытия, $\dot{\varepsilon}_i,...,\dot{\varepsilon}_n$, $\dot{\mu}_{n+1},...,\dot{\mu}_{2n}$ – комплексные относительные диэлектрические и магнитные проницаемости, $b_{2n+1}=(t_{2n+1}/\lambda)_{2n+1}$, ..., $b_{3n}=(t_{3n}/\lambda)_{3n}$ – относительные толщины слоёв n-слойного материала; $t_{2n+1},...,t_{3n}$ – толщины слоёв материала.

Цель работы – численное исследование потенциальных возможностей многочастотного радиоволнового метода поверхностных электромагнитных волн по точности реконструкции ЭФГП многослойных РПП в зависимости от значений их ЭФГП, уровня шума в измерительных данных и ширины полосы частот измерений.

1. Имитационная модель реконструкции ЭФГП многослойных радиопоглощающих покрытий

При имитационном моделировании на ЭВМ выполняется совокупность расчётов, позволяющих имитировать процесс реконструкции относительных диэлектрических проницаемостей и толщин слоёв многослойного РПП по экспериментально полученным значениям коэффициентов ослабления поля ПЭМВ $\alpha_{\text{э}}(f,\underline{\xi})$.

Для моделирования разработана имитационная модель измерительного комплекса [3, 4], структурная схема которой приведена на рис. 1.

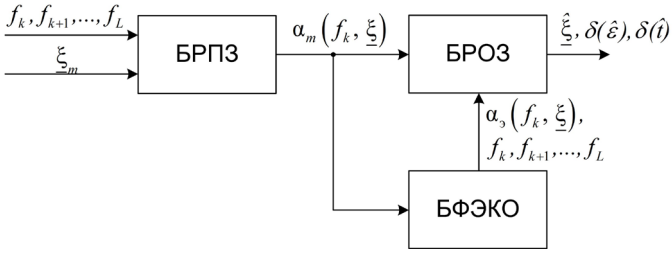


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели

В имитационную модель входят три блока: блок решения прямой задачи БРПЗ, позволяющий определять теоретические значения $\alpha_{\text{т}}(f, \xi)$ коэффициентов ослабления поля для частот f_k, $k = 1,2,...,L$ и вектора ЭФГП $\xi_{\text{п}} = \{\varepsilon_i, ..., \varepsilon_n, b_{n+1}, ..., b_{2n}\}$ блок формирования экспериментальных значений $\alpha_{\text{э}}(f, \xi)$, $k = 1,2,...,L$, коэффициентов ослабления поля БФЭКО, имитирующий абсолютные погрешности $\Delta\alpha(f, \xi)$ измерений коэффициента ослабления поля; блок решения обратной задачи БРОЗ, реализующий нахождение минимума целевой функции.

В блоке БРПЗ рассчитываются теоретические значения коэффициентов ослабления $\alpha_{\text{т}}(f, \xi)$ многослойного диэлектрического РПП путём решения дисперсионного уравнения по известному вектору ЭФГП $\xi = \{\varepsilon_i, ..., \varepsilon_n, b_{n+1}, ..., b_{2n}\}$ на частотах f_k, $k = 1,2,...,L$ [3,4]:

$$D\left[\alpha_{\text{т}}(f_k, \xi);\ f_k\right] = 0.$$

В блоке БРОЗ реализуется представленный в [3] метод определения вектора ЭФГП $\xi = \{\varepsilon_i, ..., \varepsilon_n, b_{n+1}, ..., b_{2n}\}$, $i = 1, ..., 2n$, многослойных РПП. Метод основан на минимизации целевой функции, построенной по невязке между полученными экспериментально $\alpha_{\text{э}}(f, \xi)$ и вычисленными теоретически значениями $\alpha_{\text{т}}(f, \xi)$ коэффициентов ослабления поля на частотах f_k, $k = 1,2,...,L$:

$$\xi = \arg\min_{\xi \in \xi_{\text{доп}}} \rho(\xi) = \sum_{k=1}^{L} \left| \left[\alpha_{\text{э}}(f_k, \xi) - \alpha_{\text{т}}(f_k, \xi)\right] / \alpha_{\text{т}}(f_k, \xi) \right|^2 + ...$$

$$... + \varpi \sum_{i}^{2n} q_i \left\| (\xi_i - \xi_{i0}) \right\|^2,$$

где $\rho(\xi)$ – расстояние между значениями $\alpha_{\text{э}}(f, \xi)$ и $\alpha_{\text{т}}(f, \xi)$ в области допустимых значений $\xi \in \xi_{\text{доп}}$.; q_i – вес, определяющий степень априорной информации о каждой составляющей вектора ЭФГП; ϖ – параметр регуляризации; ξ_i – i-я составляющая вектора ЭФГП; ξ_{i0} – найденное с учётом априорной информации о составляющей среднее значение i-й составляющей вектора ЭФГП из области допустимых значений $\xi_{i0} \in [\xi_{i\min}, ..., \xi_{i\max}]$.

Ввиду множества случайных факторов, влияющих на точность реконструкции ЭФГП многослойных диэлектрических покрытий, погрешность их измерения в блоке *БФЭКО* моделировали аддитивным некоррелированным гауссовым шумом $n(f_k)$ с нулевым математическим ожиданием $m(n(f_k))=0$ и заданным уровнем дисперсии σ_n^2. Формировали искажённые значения результатов измерений частотной зависимости коэффициента ослабления поля:

$$\left.\begin{array}{l} \alpha_э\left(f_k,\xi\right)=\alpha_т\left(f_k,\xi\right)+n\left(f_k\right); \\ m\left(n\left(f_k\right)\right)=0; \\ k=1, 2, ..., L, \end{array}\right\}$$

где $n(f_k)$ – шум, обусловленный как погрешностями самого физического прибора и другими измерительными погрешностями при проведении эксперимента, так и достоверностью выбранной электродинамической модели реальной физической ситуации; L – число частот, на которых проводятся измерения.

Таким образом, в соответствии с принятой моделью нормального распределения погрешностей измерений (5), имитировали погрешности измерений $\Delta\alpha\left(f_k,\xi\right)$.

Блоки структурной схемы имитационного моделирования (рис. 1) реализованы в виде подпрограмм в системе Matlab.

Подпрограмма определения теоретических коэффициентов ослабления поля ПЭМВ для функционала (2) основана на решении дисперсионного уравнения (1) и реализована в виде функции на основе решателя fsolve. Базовая структура подпрограммы имеет следующий вид:

Листинг 1

Базовая структура листинга подпрограммы определения теоретических коэффициентов ослабления

```
function [ y ] = function(x, freq)
% Заданная частота расчета
f = freq;
% ЭФГП РПП (ep1 – действительная часть комплексной
диэлектрической проницаемости, ep1c – мнимая часть комплексной
диэлектрической проницаемости, nu1 – действительная часть
комплексной магнитной проницаемости, nu1c – мнимая часть
комплексной магнитной проницаемости, b1 – толщина слоя
покрытия и т.д.)
ep1 = x(1);  ep1c = x(2);  nu1= x(3); nu1c = x(4); b1 =
x(5);....x(n)
```

Окончание листинга 1

```
 %% подфункция FunctionRPP, составляется на основе метода
поперечного резонанса (4) для конкретного типа РПП (число
слоев и типа РПП)
 fn1 = @(x) FunctionRPP(x, ep1, ep1c, nu1, nu1c, b1,...,f);
%% решатель дисперсионного уравнения
 y = fsolve(fn1, 0.6);
end
```

Проведенные исследования показали, что при решении обратной задачи (2), помимо эффективных алгоритмов моделирования прямых задач для широкого диапазона частот, необходимо использовать соответствующие алгоритмы оптимизации целевой функции (функционала), которая в этом случае является невыпуклой и многопараметрической.

При числе слоев РПП больше трех прямые алгоритмы минимизации целевой функции (2) перестают давать устойчивые оценки ЭФГП и целесообразно использовать алгоритмы стохастической минимизации. Исходя из этого, подпрограммы определения ЭФГП РПП, обнаружения и оценки дефектов РПП основаны на применении генетического алгоритма и реализованы в виде функции «ga» приложения Global Search системы Matlab.

Проведенные исследования позволили выбрать рациональные параметры генетического алгоритма для РПП с числом слоев от 1 до 5. Общая структура листинга подпрограммы минимизации целевой функции вида (1) представлена имеет следующий вид (в качестве примера приведен фрагмент для оценки относительных диэлектрических проницаемостей двухслойного покрытия):

Листинг 2

Базовая структура листинга подпрограммы минимизации целевой функции вида (2)

```
clc, clear, close all
%% Вектор экспериментальных коэффициентов ослабления ПЭМВ
AL = [AL1, AL2, AL3......];
%% Частоты измерений
freq  = [freq1, freq2, freq3,... ];
%% Подпрограмма поиска минимума целевой функции (1) с помощью
генетического алгоритма
      n=1;  % Количество запусков генетического алгоритма
      for k=1:n
      %% Фитнес функция, реализующая целевую функцию (1)
      fitness = @(x) optfn2sldef( x, AL, freq );
      nvars = 2;% Количество оцениваемых ЭФГП
      lb = [1, 1]; % Нижние значения диапазона поиска ЭФГП
      ub = [10, 10]; % Верхние значения диапазона поиска ЭФГП
```

Окончание листинга 2

```
      %% Параметры генетического алгоритма
      options = optimoptions(@ga,'Display','iter',...
      'PopulationSize',10000,... % Размер популяции
      'FunctionTolerance',0,...
      'MaxGenerations',140,.. % Максимальное количество оценок
      'MaxStallGenerations',500,...
      'InitialPopulationRange',[1e-50;1e20],...
      'ConstraintTolerance',0,...
      'EliteCount', 100,...
      'CrossoverFraction', 0.9,...% Вероятность скрещивания
      'MigrationFraction', 0.9,...% Вероятность мутации
      'StallTest', 'geometricweighted',...
      'FitnessScalingFcn', {  @fitscalingtop 300 },...
      'SelectionFcn', @selectionremainder,...
      'CrossoverFcn', {  @crossoverintermediate 50  },...
      'MutationFcn', @mutationadaptfeasible,...
      'Display', 'iter',...
      'PlotFcn', {  @gaplotbestf @gaplotbestindiv },...
      'InitialPenalty', 100, 'PenaltyFactor', 300000000000);
      [x,fval,exitflag,output] =
ga(fitness,nvars,[],[],[],[],lb,ub,[],options);
      %% Найденные ЭФГП при k-запуске генетического алгоритма
      ep11(k)=x(1);
      ep22(k)=x(2);
      FV(k)=fval;
      end  % конец работы генетического алгоритма, n-запусков
алгоритма.
      [val, idx] = min(FV); % поиск минимального значения
фитнесс функции (целевой функции) и его индекса из k-
реализаций
      ep1 = ep11(idx); % диэлектрическая проницаемость первого
слоя
      ep2 = ep22(idx); % диэлектрическая проницаемость второго
слоя
      teta = [ep1, ep2]; % конечный вектор ЭФГП двухслойного
покрытия
      %% Расчет погрешностей оценки ЭФГП
dep1 = abs((ep1)-ep1real)/ ep1real)*100
dep2 = abs((ep2)-ep2real)/ ep2real)*100
```

2. Имитационное моделирование реконструкции ЭФГП РПП

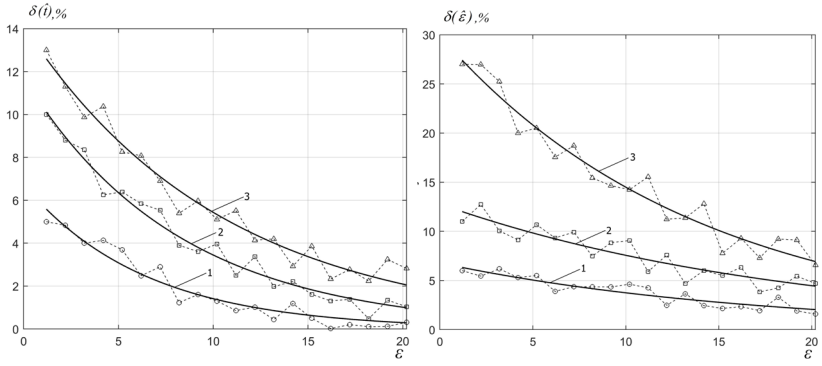
Имитационное моделирование включает следующее. По принятым точным значениям относительных диэлектрических проницаемостей $\dot{\varepsilon}_i,...,\dot{\varepsilon}_n$ и толщин $t_i,...,t_n$, $k=1,2,...,L$ многослойного РПП вычисляли теоретические значения коэффициентов ослабления $\alpha_{\text{т}}\left(f_k,\xi\right)$ для каждой из f_k фиксированных частот, решая дисперсионное уравнение (1).

В блоке БФЭКО формировали экспериментальные значения коэффициентов ослабления $\alpha_{\text{э}}\left(f_k,\xi\right)$, которые подставляли в качестве

регистрируемой величины в целевую функцию (2). Далее в блоке БРОЗ оптимизировали выражение (2). Точность реконструкции относительных диэлектрических проницаемостей и толщин исследуемых диэлектрических покрытий исследовали при возрастающих значениях среднего квадратического отклонения (СКО) шума 0–0,008.

В качестве образцов для исследования выбраны РПП, схожие с реальными образцами приведенными в [5]. Также при имитационном моделировании изучали диэлектрики с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 1,2,...,20$.

На рисунке 2а представлены зависимости средней относительной погрешности оценки диэлектрической проницаемости $\delta(\hat{\varepsilon})$ однослойного РПП с толщиной $b = 1$ мм при увеличении значений диэлектрической проницаемости слоя от 1,2 до 20, для трех значений СКО уровня шума: 0,001; 0,003; 0,005. На рисунке 2б представлено, как при этом меняется погрешность оценки толщины слоя $\delta(\hat{t})$. Коэффициент ослабления поля ПЭМВ определяли в диапазоне частот 9–10 ГГц с шагом по частоте 0,1 ГГц (количество частот N=10).



а б

а – оценка толщины $\delta(\hat{t})$; б – диэлектрической проницаемости $\delta(\hat{\varepsilon})$

Рис. 2. Зависимости средней относительной погрешности оценки ЭФГП однослойного РПП при фиксированных значениях СКО уровня шума (1 – σ=0,001; 2 – σ=0,003; 3 – σ=0,005)

Анализ зависимостей рисунка 2а для однослойного РПП показывает, что относительная погрешность $\delta(\hat{\varepsilon})$ оценки диэлектрической проницаемости слоя, при фиксированном значении

уровня СКО шума и толщине слоя, уменьшается с возрастанием их величины. Относительная погрешность оценки толщины слоя $\delta(\hat{t})$, также уменьшается. При этом, точность оценки толщины слоя в 2–2,5 раза выше точности оценки диэлектрической проницаемости.

По результатам имитационного моделирования, метод дает оценки диэлектрической проницаемости и толщины для однослойного покрытия при СКО уровня шума σ=0,003, во всем диапазоне исследуемых значений диэлектрической проницаемости (1,2–20) с погрешностью не больше 10% с доверительной вероятностью 0,95.

Экспериментальные значения погрешностей оценки диэлектрической проницаемостей $\delta(\hat{\varepsilon})$ для однослойных РПП толщиной 1 мм РПП-1 ($\varepsilon = 2,7$), РПП-2 ($\varepsilon = 2,2$) и РПП-3 ($\varepsilon = 11,2$), полученные на измерительном комплексе [3], составляют 6%, 7% и 5 %, соответственно, а погрешности оценки толщин слоя 5%, 6% и 4 %, соответственно.

Дисперсионное уравнение для двухслойного РПП усложняется тем, что появляется еще одна граница раздела сред между первым и вторым слоем покрытия.

Для экспериментального и численного эксперимента выбран наиболее сложный случай, когда двухслойное РПП является высококонтрастным (по диэлектрической проницаемости). Исследовано двухслойное РПП на основе двух РПП: РПП-1 ($\varepsilon = 2,7$) и РПП-2 ($\varepsilon = 11,2$) с толщинами слоев 2 мм: «РПП-1-РПП-2» и покрытие в котором слои поменяли местами: «РПП-2-РПП-1». Коэффициент ослабления поля ПМЭМВ, как и в случае однослойного покрытия, измеряли в диапазоне частот 9–10 ГГц с шагом по частоте 0,1 ГГц (количество частот N=10).

Увеличение числа оцениваемых ЭФГП приводит к возрастанию их относительных погрешностей. Погрешности оценок параметров слоев двухслойного РПП не совпадают с оценками для однослойного покрытия, однако, сохраняется общая закономерность установленная для базового слоя – погрешности оценок диэлектрических проницаемостей и толщин слоев меньше при больших значениях диэлектрической проницаемости и электрической толщины слоя.

Метод дает устойчивые оценки относительных погрешностей ЭФГП слоев двухслойного РПП не больше 10 %, при уровне СКО шума σ=0,003 и более, с доверительной вероятностью 0,95. При этом экспериментальные значения погрешностей оценок диэлектрических проницаемостей $\delta(\hat{\varepsilon}_1)$ и $\delta(\hat{\varepsilon}_2)$ слоев и их толщин $\delta(\hat{t}_1)$ и $\delta(\hat{t}_2)$ для

покрытия «РПП-2-РПП-1» составляют 3% и 7 %, 2% и 6%, соответственно, а для покрытия «РПП-1-РПП-2» 4% и 5 %, 8% и 0,1 %, соответственно.

Отличие ЭФГП оценок отдельных слоев от ЭФГП однослойного покрытия, объясняется появлением дополнительных корреляционных связей между ними.

Заключение

Таким образом, разработана имитационная модель, позволяющая оценивать точность реконструкции структуры электрофизических и геометрических параметров многослойных РПП в зависимости от их электрофизических и геометрических параметров, учитывающая значение СКО уровня шума в измерительных данных и ширину полосы частот измерений.

Список литературы

1. Лагарьков, А.Н. Фундаментальные и прикладные проблемы стелс-технологий / А.Н. Лагарьков, М.А. Погосян // Вестник РАН. – 2003. – Т. – 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. Восстановление структуры электрофизических параметров многослойных диэлектрических материалов и покрытий по частотной зависимости коэффициента ослабления поля поверхностной электромагнитной волны / А.И. Казьмин, П.А. Федюнин // Измерительная техника. – 2019. – № 9. – С. 39-45.

4. Казьмин, А.И. Оценка точности реконструкции электрофизических и геометрических параметров многослойных диэлектрических покрытий многочастотным радиоволновым методом поверхностных медленных электромагнитных волн / А.И. Казьмин, П.А. Федюнин // Измерительная техника. – 2020. – 8. С. – 51-58.

5. Казанцева, Н.Е. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона / Н. Е. Казанцева, Н. Г. Рывкина, И. А. Чмутин // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48. – № 2. – С. 196-209.

Оценка статистического предела разрешения отслоения радиопоглощающих покрытий методом поверхностных электромагнитных волн путем имитационного моделирования

А. И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru
Д. А. Рябов
В. А. Манин, email: fanni.05@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Представлены результаты исследования, подтверждающие высокую эффективность применения поверхностных электромагнитных волн СВЧ диапазона для оценки величины отслоения радиопоглощающих покрытий от металлического основания. Обоснован и введен статистический предел разрешения двух величин отслоений радиопоглощающего покрытия от металлического основания, что позволяет оценить возможность различения двух близких величин отслоений в зависимости от ширины полосы частот измерений, их количества и отношения «сигнал–шум».*

Ключевые слова: *радиопоглощающее покрытие, метод поверхностных электромагнитных волн, отслоение, статистический предел разрешения отслоения, имитационная модель*

Введение

Радиопоглощающие покрытия (РПП) применяются для снижения радиолокационной заметности (РЛЗ) современных образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) [1,2]. При этом снижение РЛЗ образцов ВВСТ различными способами и с помощью РПП, в частности, представляет собой комплексную проблему государственного уровня [1,2].

Эффективно реализовать свойства современных РПП можно только при строгом соблюдении технологических режимов и допусков при их нанесении. В данном процессе становится крайне актуальной задача обеспечения надежной адгезии РПП к обшивке ВВСТ. При недостаточной адгезии в ходе эксплуатации высокие внутренние напряжения приводят к отслоениям РПП, что приводит к увеличению

© Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д. А., Манин В. А., 2021

эффективной поверхности рассеяния образца ВВСТ и снижению его боевых возможностей [1, 2].

Особенностью измерения электрофизических параметров (ЭФП) и оценки дефектов в РПП заключается в том, что измерения необходимо проводить в диапазоне частот, в котором работает покрытие. При этом важно оценить, как меняются ЭФП и дефекты по поверхности исследуемого образца в ходе его эксплуатации. Исходя из этого, метод должен обеспечивать односторонний доступ к объекту контроля с высокой локальностью и точностью контроля.

В [3] показано, что повышение эффективности контроля ЭФП и оценки дефектов РПП возможно путем применения многочастотного метода поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ). В качестве информативного параметра при этом измеряется не продольная постоянная распространения $\dot{\gamma}$, а связанная с ней величина – поперечное волновое число, характеризующее распределение поля ПЭМВ в свободном пространстве по нормали к поверхности покрытия – комплексный коэффициент ослабления ПЭМВ $\dot{\alpha}(f,\xi_{\text{п}},\xi_{\text{д}})$.

1. Электродинамическая модель оценки величины отслоения РПП от металлического основания

На рис. 1 приведена геометрия однослойного РПП с диэлектрическими и магнитными потерями, в общем случае с частотной дисперсией комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей, размещенного на металлической подложке. При этом учитывается, что в данной структуре может присутствовать протяженный дефект в виде воздушного отслоения толщиной d.

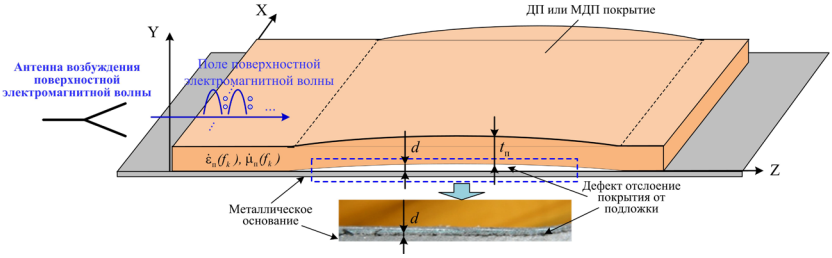


Рис. 1. Геометрия однослойного РПП при отслоении его от металлической подложки

Так как рассматривается однослойное РПП с диэлектрическими и магнитными потерями, вектор ЭФП покрытия представим

пятикомпонентным $\xi_{\text{п}} = \{\varepsilon'_{\text{п}}(f_k), \varepsilon''_{\text{п}}(f_k), \mu'_{\text{п}}(f_k), \mu''_{\text{п}}(f_k), t_{\text{п}}\}$, где $\varepsilon'_{\text{п}}(f_k), \mu'_{\text{п}}(f_k)$ действительные и $\varepsilon''_{\text{п}}(f_k), \mu''_{\text{п}}(f_k)$ мнимые части диэлектрической и магнитной проницаемостей соответственно, $t_{\text{п}}$ – толщина покрытия, а вектор дефектов $\xi_{\text{д}} = \{d_s, d_{s+1}, ..., d_M\}$ представим в виде одной величины отслоения d. Исходя из этого, комплексный коэффициент ослабления ПЭМВ будет иметь следующий вид $\dot{\alpha}(f, \xi_{\text{п}}, d)$.

Мнимую часть коэффициента ослабления включим в целевую функцию в виде дополнительного параметра оптимизации. С учетом этого, выражение для целевой функции, обеспечивающей оценку отслоения РПП, представим в следующем виде:

$$\hat{d} = \arg \min_{d \in d_{\text{доп}}} \rho(d, \alpha''(f, \xi_{\text{п}}, d)) = \sum_{k=1}^{L} \left| \dot{\alpha}_{\text{э}}(f_k, \xi_{\text{п}}, d) - \dot{\alpha}_{\text{т}}(f_k, \xi_{\text{п}}, d) \right|^2 \qquad (1)$$

где $\rho(\xi_{\text{д}})$ – расстояние между экспериментально полученными $\alpha'_{\text{э}}(f_k, \xi_{\text{п}}, \xi_{\text{д}})$ и вычисленными теоретическими значениями $\alpha'_{\text{т}}(f, \xi_{\text{п}}, \xi_{\text{д}})$ коэффициентов ослабления поля ПЭМВ в области допустимых значений $\xi \in \xi_{\text{доп}}$.

Теоретические значения коэффициента ослабления $\dot{\alpha}(f, \xi_{\text{п}}, d)$ ПЭМВ рассматриваемого двухслойного покрытия «отслоение-покрытие» получали путем решения дисперсионного уравнения по известному вектору ЭФП $\xi_{\text{п}}$ и пробным значениям величин отслоений d на частотах f_k, $k = 1, 2, ..., L$ [3]:

$$D\left[\alpha''(f, \xi_{\text{п}}, d); f_k\right] = 0 \qquad (2)$$

2. Оценка статистического предела разрешения отслоения

Экспериментальные значения действительной части коэффициента ослабления ПЭМВ $\alpha'_{\text{э}}(f, \xi_{\text{п}}, d)$, как функции частоты и величины отслоения d, наблюдаются в эксперименте при наличии аддитивных случайных помех, и были представлены в виде [3]:

$$\alpha'_{\text{э}}(f_k, \xi_{\text{п}}, d) = \alpha'_{\text{т}}(f_k, \xi_{\text{п}}, d) + n(f_k); \; k = 1, 2, ..., L, \qquad (3)$$

где $\alpha'_{\text{э}}(f, \xi_{\text{п}}, d)$ – экспериментальное значение действительной части коэффициента ослабления поля ПЭМВ, $\alpha'_{\text{т}}(f, \xi_{\text{п}}, d)$ – истинное (теоретическое) значение коэффициента ослабления поля ПЭМВ; $n(f_k)$ – функция неопределенности измерения, которая представляет собой

шум, воздействующий на k-измерение и обусловленный как инструментальными погрешностями измерительного комплекса и другими погрешностями при измерении коэффициента ослабления, так и достоверностью электродинамической модели измерения коэффициента ослабления ПЭМВ реальной физической ситуации; L – число частот, на которых проводятся измерения.

Воспользуемся основным положением теории оценок о том, что вся информация о величине отслоения покрытия от подложки заключена в совместной плотности вероятности распределения результатов измерений коэффициента ослабления на нескольких частотах, которая достигает своего максимального значения (максимум совместной плотности распределения вероятности (МСПРВ)) на истинной (искомой) величине отслоения d в контролируемом покрытии. При этом средний квадрат ошибки $\Delta_d = |\hat{d} - d|^2$ оценки величины отслоения d достигает минимального значения [3].

Функционал для оценки МСПРВ представили в виде [3]:

$$\hat{d} = \arg \min_{d_n} \{Z(d_n)\}, \tag{4}$$

где

$$Z(d_n) = \frac{1}{L}\left|\mathbf{A}_э - \mathbf{A}_т\right|^2. \tag{5}$$

Введем понятие о предельном разрешении по величине отслоения покрытия $\varpi = d_1 - d_2$, т.е. о минимальной разности двух величин отслоений, которая может быть выявлена представленным методом. Введение данного понятия позволяет оценить метод в возможности различения двух близких величин отслоений d_1 и d_2, что очень важно для практического применения.

Так как шум имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием, среднее значение оценки величины отслоения и предел его статистического разрешения, а также их СКО, являются функциями уровня шума. Среднее значение отслоения $\hat{d}$ будет группироваться вокруг истинного значения отслоения d в интервале, определяемым СКО. При этом, вероятность того, что среднее значение оценки отслоения $\hat{d}$ действительно находится в окрестностях своего истинного значения d, напрямую связана с тем, как определяется эта окрестность.

Предел статистического разрешения, который вводится в данной статье, основан на определении этой окрестности в зависимости от

среднего квадрата ошибки определения величины отслоения $\Delta_d = |\hat{d} - d|^2$, которую обеспечивает функционал оценки МСПРВ (4) и доверительной вероятности.

Среднее значение Δ_d по всем возможным расслоениям $d \in \{d_1, d_2, ...d_N\}$ представим следующим образом:

$$\Delta_d = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} |\hat{d}_n - d_n|^2, \tag{6}$$

где $\hat{d}_n$ – n-величина отслоения полученная при минимизации функционала МСПРВ (4).

Предел статистического разрешения ϖ для полученной оценки Δ_d с учетом заданной доверительной вероятности p, $0 \le p \le 1$ представим в следующем виде:

$$\varpi = 2\zeta\sqrt{\Delta_d}, \tag{7}$$

при этом ζ определяется путем решения уравнения

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x-\zeta}^{x+\zeta} e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \tag{8}$$

где p – вероятность того, что средняя величина отслоения $\hat{d}$ лежит в пределах разрешения, около истинной величины отслоения d, x – стандартизированное значение Δ_d.

Предел статистического разрешения в (7) определяется исходя из предположения, что средний квадрат ошибки $1/N \sum_{n=1}^{N} |\hat{d}_n - d_n|^2$, подчиняется нормальному закону распределения с нулевым математическим ожиданием и с СКО, равным $\sqrt{\Delta_d}$. Это предположение оправдано, поскольку шум подчиняется нормальному закону распределения.

3. Реализация электродинамической модели в системе Matlab

Значение функционала (4) представляет собой квадрат евклидова расстояния между экспериментальными и теоретическими коэффициентами ослабления. Численная оптимизация осуществлялась с помощью генетического алгоритма, реализованного в виде функции «ga» приложения Global Search пакета Matlab. Проведенные исследования позволили оптимальным образом подобрать параметры генетического алгоритма, обеспечивающие гарантированное

нахождение глобального минимума целевой функции (4). Основные из них следующие: размер популяции: 5000, вероятность скрещивания 90 %, вероятность мутации 10 %. Среднее время минимизации целевой функции (4) составляет не более 1,5–2 минуты на компьютере с процессором типа intel core i5, с тактовой частотой 2,33 ГГц и 4 Гбайт оперативной памяти.

4. Результаты численных экспериментов по оценке статистического предела разрешения

В качестве материала для численных исследований выбрали образец реального РПП с ЭФП, приведенными в [4]. Комплексная диэлектрическая проницаемость данного образца в диапазоне частот от 9 до 18 ГГц почти постоянная $\varepsilon' = 20{,}45$, а $\varepsilon'' = 0{,}73$. Дисперсия комплексной магнитной проницаемости РПП описывается зависимостями [4]

$$\begin{aligned} \mu'(f_k) &= 1{,}56\, exp(-3.867 \cdot 10^{-11} f_k); \\ \mu''(f_k) &= 1{,}299\, exp(-4.659 \cdot 10^{-11} f_k) \end{aligned} \qquad (9)$$

Моделирование осуществлялось для образца РПП толщиной 1 мм, с ЭФП описанными выше, при величине отслоений от 0 до 0,5 мм с шагом 0,01 мм.

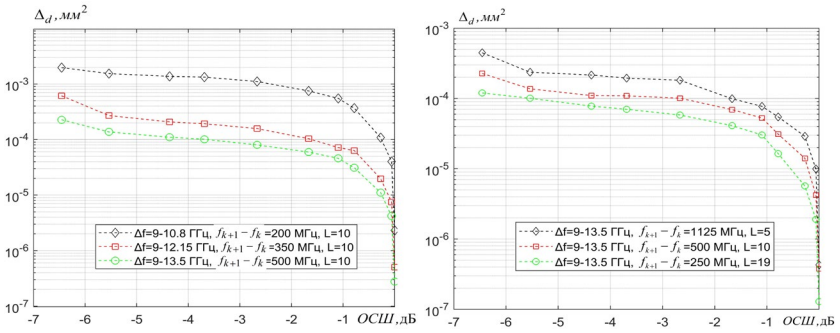
Для моделирования экспериментальных коэффициентов ослабления $\alpha'_э(f, \xi_п, d)$ к теоретическим значениям $\alpha'_т(f_k, \xi_п, d)$, на основе модели (3), был добавлен аддитивный некоррелированный гауссовский шум с известной мощностью N_0. Фактически значения шума представляли в виде значений СКО $\sigma(\alpha'_т(f_k, \xi_П, d)) = \sqrt{N_0 / 2}$ коэффициентов ослабления.

На рис. 2а представлены зависимости среднего квадрата ошибки Δ_d оценки отслоения в РПП при возрастании значений ОСШ, при измерениях 10 частотах, для трех значений полосы частот измерений: $\Delta f_1 = 9 - 10{,}8\, ГГц$, $\Delta f_2 = 9 - 12{,}15\, ГГц$ и $\Delta f_3 = 9 - 13{,}5\, ГГц$. На рисунке 2б представлены зависимости среднего квадрата ошибки Δ_d при возрастании значений ОСШ, при фиксированной полосе частот измерений $\Delta f = 9 - 13{,}5\, ГГц$, для трех значений количества частот измерений: $L_1 = 5$, $L_2 = 10$, $L_3 = 19$.

Анализ зависимостей рис. 2 показывает очевидный результат, что средний квадрат ошибки Δ_d оценки величины отслоения уменьшается

при возрастании ОСШ, увеличения ширины Δf полосы частот измерений и их количества.

Проведенные численные эксперименты показали, что при ширине полосы частот $\Delta f = 9 - 13{,}5\ ГГц$, предельный прирост повышения точности обеспечивается при измерениях на 19 частотах.



а б

а – при возрастании ширины полосы частот измерений; б – при возрастании количества частот измерений

Рис. 2. Зависимости среднего квадрата ошибки Δ_d оценки отслоения в РПП

На основании полученных зависимостей оценки Δ_d оценивали статистический предел разрешения ϖ, как функцию от значений доверительной вероятности. На рис. 3 приведены зависимости предела разрешения для ОСШ –0,27 дБ и –2,67 дБ для диапазона 9–13,5 ГГц при измерениях на $L = 19$ частотах.

Анализ зависимостей рис. 3 показывает, что с увеличением ОСШ, разрешение увеличивается для всех значений доверительной вероятности. Это в основном связано с тем, что Δ_d монотонно уменьшается при возрастании ОСШ (рис. 2). При доверительной вероятности 0,95 минимально достижимые уровни разрешения составляют около 9 и 30 мкм при ОСШ –0,27 дБ и –2,67 дБ, соответственно.

Таким образом, оценка МСПРВ при ОСШ –2,67 дБ, с доверительной вероятностью 0,95 не будет чувствительна к изменению отслоения с шагом менее чем 30 мкм. Если требуется уменьшить разрешение менее 30 мкм, необходимо увеличить ОСШ в системе.

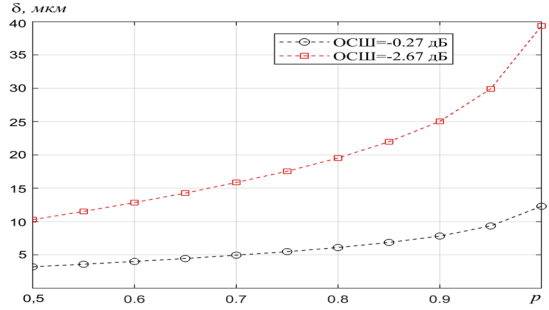


Рис. 3. Зависимости среднего квадрата ошибки Δ_d оценки отслоения в РПП

Заключение

Многочастотное измерение коэффициента ослабления ПЭМВ в полосе частот, с учетом частотной дисперсии электрофизических параметров покрытия, позволяет производить высокоточную оценку величины его отслоения от металлического основания. Проведенное имитационное моделирование показало принципиальную возможность обеспечить значения регистрируемых величин отслоений РПП 20 мкм и менее при измерениях в полосе частот $\Delta f = 9 - 13{,}5\ ГГц$. Для повышения точности оценки следует увеличивать ширину полосы частот измерений и уменьшать мощность шума.

Список литературы

1. Лагарьков, А.Н. Фундаментальные и прикладные проблемы стелс-технологий / А.Н. Лагарьков, М.А. Погосян // Вестник РАН. – 2003. – Т. – 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. Kaz'min, A.I., Estimating the Extent of Exfoliation of Dielectric and Magnetodielectric Coatings with Surface Microwaves / A.I. Kaz'min, P.A. Fedyunin // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2020. – Vol. 56. – No. 9. – pp. 727–741.

4. Fh P.Ya. Ufimtsev, R.T. Ling New Results for the Properties of TE Surface Waves in Absorbing Layers // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – vol. 49. – Issuse 10. – pp. 1445–1452. – Oct 2001.

Повышение устойчивости явных схем при компьютерном моделировании динамических задач термоупругости

А.А. Каландаров, E-mail: abrorshox@mail.ru

Гулистанский государственный университет

Аннотация. *В статье предложены явные конечно-разностные соотношения, которые дают возможность повысить устойчивость явных схем при численном решении связанных динамических задач термоупругости. В качестве примера численно решена одномерная связанная динамическая задача для изотропных тел, с использованием разных явных конечно-разностных схем. Приведен анализ численных экспериментов.*

Ключевые слова: *Напряжение, деформация, явная схема, устойчивость*

Введение

Исследование термоупругих состояний конструкций и их элементов является актуальной проблемой математического моделирования. При постановке термоупругих задач различают связанные и несвязанные краевые задачи.

В общем случае, связанная динамическая краевая задача термоупругости состоит из уравнения движения, определяющего соотношения Дюамеля-Неймана, соотношения Коши, и уравнения притока тепла с соответствующими начальными и краевыми условиями. Заметим, что в этом случае, уравнения движения записанные в перемещениях и уравнение притока тепла являются связанными, т.е. температура как неизвестная функция входит в уравнение движения, а уравнение притока тепла зависит от перемещения. Если внешние факторы, вызывающие движение тела, изменяются во времени очень медленно, то в уравнении движения можно пренебречь инерционными членами, трактуя задачу как квазистатическую. При этом начальные условия относительно перемещений отпадают, но квазистатическая задача остается связанной. Если величины, вызывающие деформацию и температуру, изменяются достаточно медленно от нуля до своих конечных значений и остаются в таком состоянии, то мы получим статическую задачу. Перемещение и температура становятся не зависящими от времени и являются функциями координат положения

© Каландаров А. А., 2021

точек и в уравнениях исчезают слагаемые содержащие производные по времени. В этом случае имеем несвязанную задачу термоупругости.

1. Постановка задачи

Рассмотрим связанную задачу термоупругости для анизотропных тел, она состоит из уравнения движения [1-3]

$$\sum_{j=1}^{3} \sigma_{ij,j} + X_i = \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} \tag{1}$$

соотношения Дюамеля-Неймана для изотропных тел

$$\sigma_{i\,j} = \lambda\theta\delta_{ij} + 2\mu\varepsilon_{ij} - (3\lambda + 2\mu)\alpha(T - T_0)\delta_{ij} \tag{2}$$

соотношения Коши

$$\varepsilon_{i\,j} = \frac{1}{2}\left(u_{i,j} + u_{j,i}\right) \tag{3}$$

уравнение притока тепла для изотропных тел

$$\lambda_0 T_{,i\,i} - c_\varepsilon \dot{T} - \gamma T \dot{\varepsilon}_{ii} = 0 \tag{4}$$

с начальными

$$u_i\big|_{t=t_0} = \phi_i \qquad \dot{u}_i\big|_{t=t_0} = \psi_i \qquad T\big|_{t=t_0} = T_0 \tag{5}$$

и краевыми условиями

$$u_i\big|_{\sum_1} = u_i^0 \qquad T\big|_{\sum} = \overline{T}_0 \qquad \sum_{j=1}^{3} \sigma_{ij} n_j \Big|_{\sum_2} = S_i^0 \tag{6}$$

где σ_{ij}–тензор напряжений, ε_{ij}–тензор деформаций, u_{ij}–перемещения, T–температура, X_i–объёмные силы, λ,μ–упругие постоянные Ламе, $\theta=\varepsilon_{11}+\varepsilon_{22}+\varepsilon_{33}$ шаровая часть тензора деформаций, $c_\text{е}$– теплоемкость при постоянной деформации, n_j–внешняя нормаль к поверхности Σ_2, S_1, S_2,S_3–компоненты вектора внешней нагрузки, $\gamma=(3\lambda+2\mu)\alpha$, α–коэффициент теплового расширения, λ_0–коэффициент теплопроводности, λ_{ij}–тензор теплового потока, ρ–плотность, δ_{ij}–символ Кронекера.

Подставляя (3) в (2), и полученное в (1), мы будим иметь уравнения движения в перемещениях. Таким образом, краевая задача (1)-(6) в одномерном случае, приобретает следующий вид [4-7]

$$(\lambda + 2\mu)\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \gamma \frac{\partial T}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \tag{7}$$

$$\lambda_0 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - c_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - \gamma T \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = 0 \qquad (8)$$

с соответствующими начальными

$$u(x,t)\big|_{t=0} = \phi \qquad \left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0} = \psi \qquad T(x,t)\big|_{t=0} = T_0 \qquad (9)$$

и краевыми условиями

$$\begin{aligned} u(x,t)\big|_{x=0} &= u_0 \qquad u(x,t)\big|_{x=l} = \overline{u}_0 \\ T(x,t)\big|_{x=0} &= T_1(t) \qquad T(x,t)\big|_{x=\ell} = T_2(t) \end{aligned} \qquad (10)$$

2. Численная реализация

Построив в $t \geq 0$, $0 \leq x \leq l$ два семейства параллельных прямых и заменяя производные в уравнениях (7)-(8) конечно-разностными отношениями можно найти следующие разностные уравнения

$$(\lambda + 2\mu)\frac{u_{i+1}^j - 2u_i^j + u_{i-1}^j}{h^2} - \gamma \frac{T_{i+1}^j - T_{i-1}^j}{2h} = \rho \frac{u_i^{j+1} - 2u_i^j + u_i^{j-1}}{\tau^2} \qquad (11)$$

$$\lambda_0 \frac{T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j}{h^2} - c_\varepsilon \frac{T_i^{j+1} - T_i^{j-1}}{2\tau} - \gamma T_i^j \frac{u_{i+1}^{j+1} - u_{i-1}^{j+1} - u_{i+1}^{j-1} + u_{i-1}^{j-}}{4h\tau} \qquad (12)$$

Эти уравнения внутри области имеют второй порядок аппроксимации. Разрешив эти разностные уравнения (11) и (12) относительно u_{ij+1} и T_{ij+1} соответственно, получим

$$u_i^{j+1} = \frac{\tau^2}{\rho}\left((\lambda + 2\mu)\frac{u_{i+1}^j - 2u_i^j + u_{i-1}^j}{h^2} - \gamma \frac{T_{i+1}^j - T_{i-1}^j}{2h}\right) + 2u_i^j - u_i^{j-1} \qquad (13)$$

$$T_i^{j+1} = \frac{2\tau}{c_\varepsilon}\left(\lambda_0 \frac{T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j}{h^2} - \gamma T_i^j \frac{u_{i+1}^{j+1} - u_{i-1}^{j+1} - u_{i+1}^{j-1} + u_{i-1}^{j-1}}{4h\tau}\right) + \qquad (14)$$

Как видно, уравнения (13)-(14) позволяют найти значения функций $u(x,t)$ и $T(x,t)$ на слое t^{j+1}, если известны значения этих функций на двух предыдущих слоях. Значения функции $u(x,t)$ на двух начальных слоях j=0 и j=1 мы найдём из начальных и краевых условий, а для функции $T(x,t)$ найдём, заменяя смешанные производные другими разностными отношениями

$$u_i^1 = \frac{1}{2}\left(\frac{\tau^2}{\rho}\left((\lambda+2\mu)\frac{u_{i+1}^0 - 2u_i^0 + u_{i-1}^0}{h^2} - \gamma\frac{T_{i+1}^0 - T_{i-1}^0}{2h}\right) + 2u_i^0 + 2\psi\tau\right) \quad (15)$$

$$T_i^1 = \frac{\tau}{C_\varepsilon}\left(\lambda_0\frac{T_{i+1}^0 - 2T_i^0 + T_{i-1}^0}{h^2} - \gamma T_i^0\frac{u_{i+1}^1 - u_{i-1}^1 - u_{i+1}^0 + u_{i-1}^0}{2h\tau}\right) + T_i^0 \quad (16)$$

Рекуррентные формулы (13) и (14) позволяют найти значения перемещений и температуры на слоях по времени, используя начальные и краевые условия.

Известно, что в явных схемах шаг τ по времени t очень маленький по сравнению с h. Обычно, требуется выполнение следующего условия сходимости $0<\tau^2/h\leq 1/2$.

Применяя схему «ромб» (схема Дюфорта и Франкела) к уравнениям (11)-(12), получим

$$(\lambda+2\mu)\frac{u_{i+1}^j - u_i^{j+1} - u_i^{j-1} + u_{i-1}^j}{h^2} - \gamma\frac{T_{i+1}^j - T_{i-1}^j}{2h} = \rho\frac{u_i^{j+1} - 2u_i^j + u_i^{j-}}{\tau^2} \quad (17)$$

$$\lambda_0\frac{T_{i+1}^j - T_i^{j+1} - T_i^{j-1} + T_{i-1}^j}{h^2} - c_\varepsilon\frac{T_i^{j+1} - T_i^{j-1}}{2\tau} - \gamma T_i^j\frac{u_{i+1}^{j+1} - u_{i-1}^{j+1} - u_{i+}^j}{4h\tau} \quad (18)$$

Конечно-разностные уравнения (17)-(18) остаются явными относительно u_i^{j+1} и T_i^{j+1} соответственно, и являются устойчивыми. В этом случаи будим иметь следующие рекуррентные формулы

$$u_i^{j+1} = \left((\lambda+2\mu)\frac{u_{i+1}^j - u_i^{j-1} + u_{i-1}^j}{h^2} - \gamma\frac{T_{i+1}^j - T_{i-1}^j}{2h} + \rho\frac{2u_i^j - u_i^{j-1}}{\tau^2}\right)/\left(\cdot \quad (19)\right.$$

$$T_i^{j+1} = \left(\lambda_0\frac{T_{i+1}^j - T_i^{j-1} + T_{i-1}^j}{h^2} + c_\varepsilon\frac{T_i^{j-1}}{2\tau} - \gamma T_i^j\frac{u_{i+1}^{j+1} - u_{i-1}^{j+1} - u_{i+1}^{j-1} + u}{4h\tau}\right. \quad (20)$$

3. Тестовая задача

Модельная задача решалась при следующих начальных и краевых условиях

$$u(x,t)\big|_{t=0} = 0 \qquad \left.\frac{\partial u(x,t)}{\partial t}\right|_{t=0} = 0$$

$$T(x,t)\big|_{t=0} = T_0 \sin\left(\frac{\pi x_i}{l}\right) \quad u(x,t)\big|_{x=0} = 0, \quad u(x,t)\big|_{x=l} = 0 \tag{21}$$

$$T(x,t)\big|_{x=0} = 0, \quad T(x,t)\big|_{x=1} = 0$$

при ниже приведенных значениях констант
λ=0.77, μ=0.47, α=0.05, ρ=0.87, c_e=3.25, λ_0=0.032, T_0=18, l=1, N=10, h=0.1.

Кроме этого задача (1)-(6) была решена с использованием неявных схем. Нами было разработано программное обеспечение и проведены численные эксперименты. Результаты численных экспериментов показали устойчивость разностных уравнений (19)-(20), при больших шагах по времени.

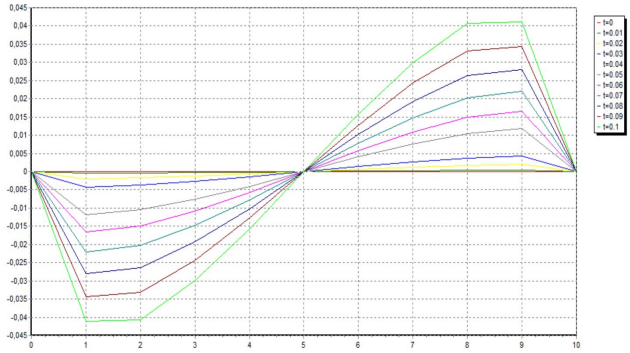


Рис. 1. График распространения перемещений *u(x,t)* по оси *OX* (явная схема) при τ=0.01

Заключение

В данной статье рассмотрена связанная динамическая краевая задача термоупругости в одномерном случае. Предложен алгоритм для численного решения связанных задач термоупругости и явные конечно-разностные соотношения, которые дают возможность повысить устойчивость явных схем при численном решении связанных динамических задач термоупругости. Анализ численных экспериментов показывает устойчивость предложенных разностных схем.

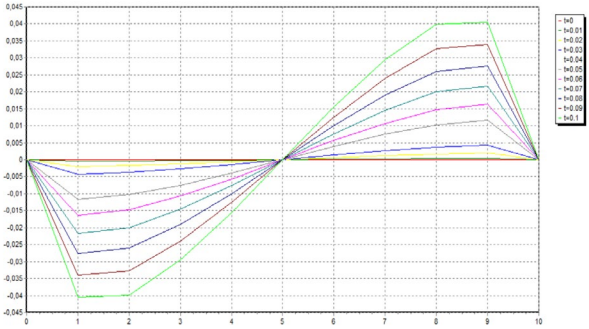


Рис. 2. График распространения перемещений *u(x,t)* по оси *OX* (явная схема ромб) при τ=0.01

Список литературы

1. Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности. -М.: МГУ, 1996. – 343с.
2. Халджигитов А.А., Каландаров А.А., Юсупов Ю.С. Связанные задачи термоупругости и термопластичности. – Ташкент: «Fan va texnologiya», 2019. – 204 с.
3. Kalandarov A.A., Babadjanov M.R. Numerical simulation of the coupled dynamic thermoelastic problem for orthotropic bodies. International journal of computer science and mobile computing, 2019. Vol. 8, Issue 9, pp. 182-189.
4. Babadjanov M.R., Kalandarov A.A., Adambaev U.E. Numerical modeling of the process of thermoplastic deformation of transversally isotropic parallelepipeds. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-6, April 2020, DOI: 10.35940/ijitee.F4314.049620?, pp. 1484-1491.
5. Qalandarov A.A., Khaldjigitov A.A. Mathematical and numerical modeling of the coupled dynamic thermoelastic problem for isotropic bodies. TWMS Journal of Pure and Applied Mathematics. Vol. 11, N. 1, 2020, pp. 119-126.
6. Kalandarov A.A., Kalandarov A., Allayarov S., Kulmamatov S., Adilov A., Islikov S. Numerical modeling of partially coupled problems of thermoelasticity. IJATCSE. Vol. 9, N. 3, 2020, pp. 3095-3099. DOI:10.30534/ijatcse/2020/92932020
7. Khaldjigitov A.A., Babadjanov M.R., Kalandarov A.A., Khudazarov R.S. Coupled dynamic thermoelasticity problem for transversely isotropic parallelepiped. IJETER. Vol. 8, N. 7, 2020, pp. 3958-3964. DOI: 10.30534/ijeter/2020/166872020

Технологии виртуальной и дополнительной реальности для построения учебно-тренировочных средств освоения систем специального назначения

И. А. Канавалов, email: kanavalov.ilya@mail.ru
Н. В. Залозный, email: vvalex1961@mail.ru
П. А. Орлов, email: vvalex1961@mail.ru
Р. В. Полозов, email: vvalex1961@mail.ru

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный)

Аннотация. *В докладе представлены результаты построения моделей взаимодействия элементами учебно-тренировочных средств с использованием среды разработки Unity. Показаны особенности моделей организации взаимодействия разных элементов системы.*

Ключевые слова: *автоматизированные учебно-тренировочные средства, анализ применяемых программных средств, среды разработки Unity.*

Введение

В настоящее время геополитическая обстановка в мире оставляет желать лучшего и это является главной причиной потребности в продукции оборонно промышленного комплекса. Поэтому многие страны ведут активную работу по созданию новых и модернизации имеющихся систем и комплексов вооружения, предназначенных для решения поставляемых задач по отстаиванию государственных интересов, однако сложность подобных систем и комплексов, их многофункциональность и высокая цена создания и обслуживания устанавливают повышенные требования и особый подход к процессу подготовки операторов. Существующие информационные системы образовательного назначения нуждаются в совершенствовании функциональных возможностей, поэтому имеет место следующая актуальная задача – разработка моделей информационной системы (ИС), которые опишут формирование образовательного контента в соответствии с профессионально-ориентированными требованиями направления подготовки.

© Канавалов И. А., Орлов П. А., Полозов Р. В., Залозный Н. В., 2021

1. Учебно-тренировочные комплексы

Компьютеризация всех сфер человеческой деятельности является одной из главных задач современного мира. Причиной этому является повышение роли информации, превращении ее в одну из важнейших движущих сил мирового развития. Стремительный скачок в развитии аппаратных средств за последние годы сделал компьютеры доступными всем. Поэтому внедрение компьютерных технологий в процесс освоения сложных систем является логичным и необходимым шагом в развитии современного информационного мира в целом.

Форма организации освоения, основанная на использовании электронных образовательных ресурсов, называется электронное освоение [1].

Анализ применяемых программных средств в процессе обучения позволил выделить три группы методов электронного обучения [1].

Развитие у обучаемых навыков алгоритмизации решения задач и формирование на этой основе логического и системного мышления. Вычислительная техника при этом становится педагогическим средством, которое ускоряет процесс познания изучаемого объекта или явления, и не требует углубленных знаний и специализированных навыков.

Методы, включающие освоение с помощью моделей, адекватно отражающих функционирование реальных объектов и сущность изучаемых явлений.

Методы, связанные с применением автоматизированных систем различного назначения: автоматизированные системы научных исследований, системы автоматизированного проектирования, автоматизированные система управления технологическим процессом и других.

В зависимости от поставленных задач в ходе освоения применяются те или иные методы, однако в данной статье подробнее рассмотрим второй.

Данный метод предусматривает комплекс систем моделирования и симуляции в сочетании с программными и физическими компонентами. Он основан на принципе развития у пользователя профессионально важных компетенций.

Применение описанного метода наиболее эффективно отражается в виде автоматизированных учебно-тренировочных средств (УТС), основанных на применении виртуальных моделей. Подобные мультимедийные УТС представлены автоматизированным рабочим местом в составе персонального компьютера, манипуляторов средств ввода и вывода информации, а также информационной базы и

специализированного программного обеспечения. Рабочее место обычно представляет собой копию реального пульта управления и содержит ручки управления, приборы, шкалы и т.д. Работа на подобных имитационных тренажёрах является альтернативой работы на реальных системах специального назначения, позволяющей в максимально возможной степени приблизиться к изучаемому оборудованию и приобрести необходимые компетенции. Благодаря их применению оператор может с высокой степенью достоверности быстро и качественно освоить военные специальности в различных областях [2]. УТС позволяет получать теоретические знания и закреплять их практическими навыками, не прибегая к использованию реального изучаемого объекта, тем самым не уменьшая ресурс его работы, исключая возможность травм при проведении занятий на технике. Это особенно актуально в современных экономических условиях, так как военная техника дорога в обслуживании и не многочисленна, в то время как подготовка на УТС имеет низкую стоимость. Так же использование УТС позволяет в разы увеличить количество обучаемых, так как оно не зависит от количества реальной техники в воинской части. А проведение занятий на тренажёрах позволяет не зависеть от погодных условий и расположения на местности.

В свою очередь, работа на реальной (штатной) технике подготавливает специалиста психологически к выполнению задач в реальных условиях, а так же предусматривает подготовку на случай возникновения внештатных ситуаций. Однако, не смотря на это, преимущество и полезность УТС остаётся очевидной, поскольку основа подготовки специалиста, заключающаяся в работе непосредственно с системой специального назначения, в частности особенностями специального программного обеспечения, изучении технических характеристик, особенностей устройства оборудования и алгоритмов выполнения действий, успешно моделируется в мультимедийном УТС.

Таким образом, внедрение и применение подобных автоматизированных учебно-тренировочных средств в процессе подготовки специалистов позволит с наименьшими затратами приобрести навыки, необходимые для успешного выполнения поставленных учебных и боевых задач в ходе эксплуатации и применения систем специального назначения [3].

Высокая эффективность автоматизированных обучающих систем порождает многообразие учебно-тренировочных средств, однако их структуру можно отобразить следующим образом рис. 1.

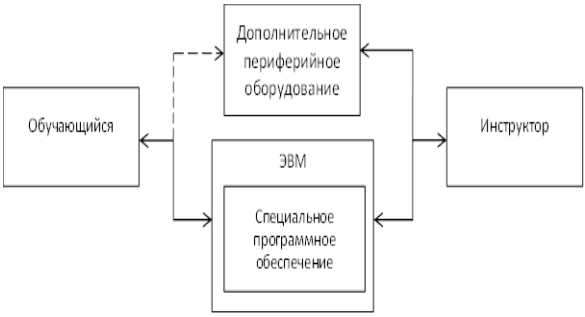


Рисунок. Структура автоматизированного учебно-тренировочного средства

Данная схема показывает взаимосвязь обучающегося с компонентами автоматизированной обучающей системой.

В основе данной системы стоит электронная вычислительная машина, которая может быть представлена как персональным компьютером, так и сложным, многопроцессорным имитирующим устройством с установленным специальным программным обеспечением, реалистично отражающим взаимодействие компонентов и систем моделируемого процесса.

Дополнительное периферийное оборудование представляет собой технические средства, предназначенные для повышения реалистичности моделируемой окружающей обстановки или документирования процесса тренировки.

Оператор непосредственно взаимодействует с обучающей системой с учётом устанавливаемых инструктором требований и сценариев тренировки.

Следует выделить отдельную группу тренажеров, не использующих дополнительное периферийное оборудование и специальную аппаратную часть – это исключительно компьютерные тренажёры. Данный вид включает в себя стандартные устройства ввода и вывода компьютера: клавиатура, мышь, монитор. Использование таких тренажёров целесообразно в случаях, когда в моделируемых объектах и ситуациях нет необходимости (нет возможности) в использовании специального оборудования. Учитывая общую универсальность и гибкость применения подобного формата УТС, следует отметить их перспективность.

Заключение

Таким образом внедрение современных технологий привело к возникновению совершенно новых форм освоения сложных систем освоения с применением технологий виртуальной и дополненной реальности, открывающих широкий спектр ранее недоступных возможностей для качественной подготовки специалистов сложных систем в различных сферах.

Научный руководитель темы д.т.н. профессор Алексеев В.В., ТГТУ

Список литературы

1. Алексеев В.В., Анализ возможностей информационных технологий для построения средств освоения сложных интеллектуальных систем. / В. В. Алексеев. // Воронеж : Изд-во ВГУ .– 2017. – С. 5-6.

2. Алексеев С.А., Анализ проблем моделирования автоматизированной обучающей системы тренажерной подготовки / А.А. Гончар, Н.П. Парфенов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018.– №4. – С.284-295.

3. Красовский А.А. Александров А.Г., Артемьев В.Н. и др. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А. А. Красовского. – М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.

Применение математических средств при моделировании военных конфликтов

О. И. Канищева, e-mail: oleka_olesya@mail.ru
А. А. Перистов

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

Аннотация. *В данной статье рассмотрено применение математических средств при моделировании военных конфликтов и гонки вооружений. Авторами был проведен анализ двух моделей гонки вооружения по Ричардсону. Результаты анализа модели подтверждены численными расчётами.*

Ключевые слова: *Математическое моделирование, численные методы, теория военных конфликтов, системы дифференциальных уравнений, модель Л. Ричардсона.*

Введение

Первой попыткой применить математические методы к изучению международного конфликта и гонки вооружений являются работы шотландского математика и метеоролога Л. Ричардсона [1, 2]. Направление, связанное с его именем, ставит своей целью использовать в исследованиях международных конфликтов хорошо зарекомендовавшие себя при описании физических процессов математические средства – дифференциальные уравнения.

1. Постановка задачи

В своих работах Л. Ричардсон приходит к системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = ay - mx + r, \\ \dfrac{dy}{dt} = bx - ny + s, \end{cases} \tag{1}$$

где $x(t)$ и $y(t)$ – расходы на вооружение одной и другой страны соответственно. Положительные константы a и b регулируют реакцию одной страны на вооруженность страны-оппонента, члены ay и bx обусловливают целостность модели, связывают между собой два уравнения. Константы m и n задают ограничения роста вооружений:

© Канищева О. И., Перистов А. А., 2021

чем больше у государства военных расходов, тем сильнее недовольство населения; члены mx и ny не дают странам наращивать вооружения бесконечно. Параметры r и s характеризуют «державные притязания», «агрессивность» или «экспансионизм» каждой из стран, стимулирующие либо сокращающие военные расходы [3].

Параметры r и s задаются исследователем, остальные параметры являются решением системы (1) и представляют собой матрицу коэффициентов $\begin{pmatrix} a & m \\ b & n \end{pmatrix}$, которая и характеризует структуру модели.

2. Решение задачи оптимального распределения

Существует достаточное большое количество математических методов исследования такой матрицы, особое место среди которых занимает анализ собственных значений и собственных векторов. Таким образом, динамическая стабильность системы (устойчивость системы во времени) определяется не конкретным показателем, а характером связи между траекториями движения элементов системы во времени. Решением системы (1) являются функции $x(t)$ и $y(t)$, определяемые для данных начальных условий x_0, y_0 (начальное состояние гонки вооружений).

Одним из важнейших свойств, которые «разумно» потребовать от гонки вооружений, является стабильность. Формализуем это требование следующим образом. Уровень затрат на вооружение должен быть постоянным и не зависеть от времени:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dt} = 0, \tag{2}$$

т.е. желательно, чтобы система находилась в состоянии равновесия (2).

Условия равновесия для системы (1) записываются в следующем виде:

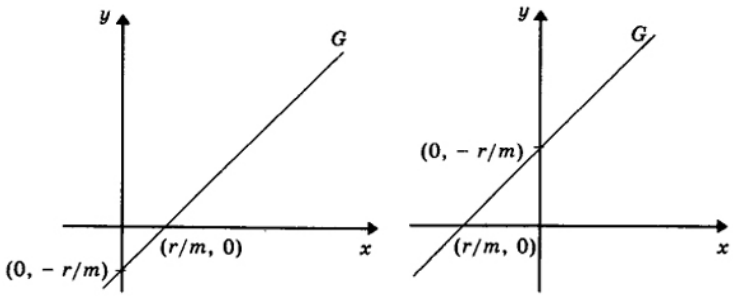
$$\begin{cases} ay - mx + r = 0, \\ bx - ny + s = 0, \end{cases} \tag{3}$$

Из (3) определим

$$y = \frac{m}{a}x - \frac{r}{a}, \tag{4}$$

$$y = \frac{b}{n}x + \frac{s}{n}, \tag{5}$$

и рассмотрим геометрическую интерпретацию линейного уравнения (4) на фазовой плоскости (x, y) (рис. 1).



а б

а – при $r > 0$, *б – при* $r < 0$

Рис. 1. Геометрическая интерпретация уравнения (4)

Для всех точек прямой G имеем $dx/dt = 0$. Первое уравнение системы (1) задает горизонтальную компоненту скорости движения точки в фазовой плоскости, а второе уравнение – вертикальную. Если в некоторой точке фазовой плоскости $dx/dt > 0$, то $x(t)$ возрастает и решение системы движется от этой точки вправо, а если $dx/dt < 0$, то влево. Аналогично, если $dy/dt > 0$ (< 0), то точка движется вверх (вниз). Прямая G делит плоскость (x, y) на две полуплоскости. Для всех точек одной полуплоскости $dx/dt > 0$, а другой полуплоскости $dx/dt < 0$ 0. То есть первое уравнение системы (1) как бы заставляет точки притягиваться по горизонтали к прямой G. Аналогичное утверждение верно для второго уравнения этой системы и прямой Z (вертикальное притяжение) (рис. 2). Прямые G и Z делят первый квадрант на четыре области I, II, III, IV.

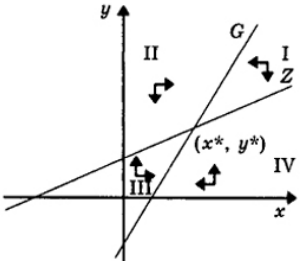


Рис. 2. Точка равновесия в первом квадранте

Рассмотрим поведение модели Ричардсона при $t \to \infty$. Возможны три случая:

1. Бесконечная гонка вооружений: $x \to \infty$ и $y \to \infty$.
2. Взаимное разоружение: $x \to 0$, $y \to 0$.
3. Равновесие вооружений: $x \to x^*$, $y \to y^*$, где $x^*, y^* > 0$. Точка равновесия (x^*, y^*) находится на пересечении прямых G и Z (рис. 2).

Легко показать, что если $r > 0$ и $s > 0$, то точка пересечения G и Z лежит в первом (рис. 2) или третьем (рис. 3) квадранте. Стрелки на рисунках 2-3 показывают горизонтальную и вертикальную составляющие движения точки, находящейся в той или иной области фазовой плоскости.

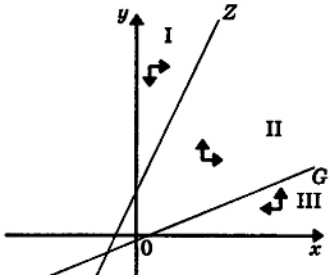


Рис. 3. Точка равновесия в третьем квадранте

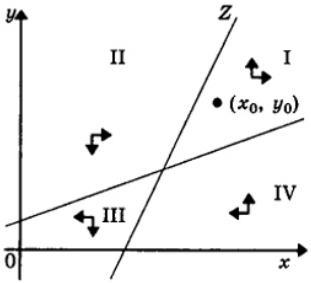


Рис. 4. Поведение системы при $r < 0$ или (и) $s < 0$

Рассмотрим ситуацию, когда, по меньшей мере, один из коэффициентов $r, s < 0$ (рис. 4). Если начальный уровень затрат, т.е. точка (x_0, y_0), находится в области I, то гонка вооружений будет бесконечной. Если начальная точка находится в области III, то решение системы (3) также «уходит» от равновесия (x^*, y^*), но зато стремится к точке (0,0) (взаимное разоружение). Таким образом, наличие у одного или обоих государств «доброй воли» $(r, s < 0)$ не гарантирует удовлетворительного исхода гонки вооружений. Все зависит от начального состояния системы.

Очевидно, что поведение модели Ричардсона зависит от соотношения коэффициентов a, b, m, n и знаков r, s. Имеют место четыре возможных случая:

1. Если $mn - ab > 0,\ r > 0,\ s > 0$, то существует точка равновесия.
2. Если $mn - ab < 0,\ r > 0, s > 0$, то модель ведет к неограниченной эскалации гонки вооружений.
3. Если $mn - ab > 0,\ r < 0, s < 0$, то гарантируется полное взаимное разоружение.
4. Если $mn - ab < 0,\ r < 0$, то пессимистичность или оптимистичность прогноза существенно зависит от начального состояния.

Заключение

В работе был проведен анализ двух моделей гонки вооружения по Ричардсону. Результаты анализа одной модели подтверждены численными расчётами и графиками функций $x(t),\ y(t)$. Также было разработано программное приложение математической модели гонки

вооружений, представляющее реализацию модели Ричардсона с подробным анализом двух возможных вариантов противостояния.

Список литературы

1. Буянов Б. Б., Лубков Н. В., Поляк Г. Л. Математическая модель длительного вооруженного конфликта // Проблемы управления. 2007. – №5. – С. 48-51.

2. Галяев А. А., Маслов Е. П., Рубинович Е. Я. Об одной задаче управления движением объекта в конфликтной среде // Известия РАН. Теория и системы управления. 2009. – №3. – С. 134-140.

3. Глушков И.Н. Выбор математической схемы при построении модели боевых действий // Программные продукты и системы. – 2010. №10. – С. 2-5.

Алгоритм выбора элементов фотоприемника при определении направления на источник оптического излучения по анализу распределения интенсивности в плоскости наблюдения

В. В. Капитанов, email: kvv256@rambler.ru
А. А. Козирацкий, К. Р. Филоненко

ВУНЦ ВВС РФ «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе разработан алгоритм выбора элементов фотоприемника регистрирующих оптическое излучение с равными интенсивностями, позволяющий определять угол азимута и места на источник излучения.*

Ключевые слова: *Введение источник оптического излучения, элемент фотоприемника, интенсивность излучения.*

Введение

В работе [1] с использованием оптической схемы Кеплера показан новый способ определения угла азимута и места на источник оптического излучения, основывающийся на анализе распределения интенсивности регистрируемого излучения матричным фотоприемником. С применением методов имитационного моделирования в [2] проводились исследования по оценке точности определения угловых координат в зависимости от размеров элементов матричного фотоприемника и параметров оптической фокусирующей системы. В работе [3] использовался метод корреляционной обработки изображений, позволяющий путем сравнения эталонного и регистрируемого распределения интенсивности определить угол азимута на источник оптического излучения. При этом выявился существенный недостаток, связанный с применением сложного алгоритма вычисления больших массивов данных, что приводит к существенному росту времени проведения вычислительных операций. В работе [4] получены статистические характеристики ошибок угла азимута и места на источник оптического излучения в зависимости от отклонения от требуемого значения расстояния между соседними элементами матричного фотоприемника. Результаты исследования показали, что ошибки в определении направления на источник оптического излучения уменьшаются с увеличением отклонения от

© Капитанов В.В., Козирацкий А.А., Филоненко К.Р., 2021

требуемого значения расстояния между соседними элементами. Таким образом, назрела необходимость разработки алгоритма выбора элементов фотоприемника, обеспечивающего требуемую точность определения угловых координат на источник оптического излучения.

Целью настоящей статьи является разработка алгоритма выбора элементов фотоприемника при определении направления на источник оптического излучения по анализу распределения интенсивности регистрируемого изображения.

1. Алгоритм выбора элементов фотоприемника при определении направления на источник оптического излучения по анализу распределения интенсивности в плоскости наблюдения

На рис. 1 представлена оптическая схема прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему, особенностью которой является применение окуляра распараллеливающего лучи и регистрирующего матричного фотоприемника.

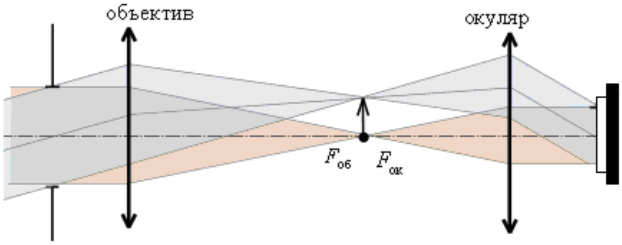


Рис. 1. Схема прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему

Ограничимся случаем регистрации одномодового источника лазерного излучения, которое в плоскости приема имеет гауссовское распределение интенсивности. Тогда, в зависимости от расположения источника оптического излучения относительно главной оптической оси системы фотоприемник будет регистрировать изображение распределений линий равных интенсивностей оптического излучения в виде набора окружностей или эллипсов, как изображено на рисунке 2. Далее, как показано в работе [1], выделяют шесть элементов фотоприемника с равными интенсивностями, по которым определяют угловые координаты на источник оптического излучения. Точность определения направления на источник излучения существенно зависит от выбора этих элементов, расположение которых должно характеризовать кривизну линии второго порядка эллипса. Проведенные

расчеты в работе [5] показывают, что с увеличением расстояния между выбранными элементами растет точность определения угловых координат.

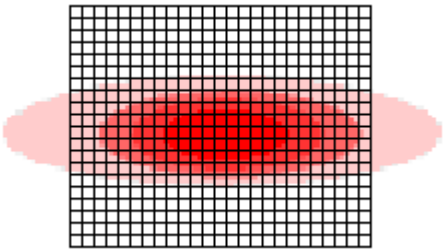


Рис. 2. Распределение интенсивности оптического излучения в плоскости матричного фотоприемника

Распределение регистрируемой фотоприемником интенсивности оптического излучения можно представить в виде двумерного массива $A(N,M)$. Основной алгоритм выбора шести элементов двумерного массива разобьем на несколько более простых алгоритмов, которые существенно упрощают вычисления. На первом этапе необходимо осуществить преобразование двумерной матрицы $A(N,M)$ в одномерный массив $X(N,M)$, для этого последовательно переписывались строки двумерного массива в одномерный, как показано на рисунке 3. Вычисление значения индекса массива X осуществлялось по формуле $L=(I-1)M+J$, а запись элемента $X(L)=A(I,J)$, где I,J – вспомогательные данные.

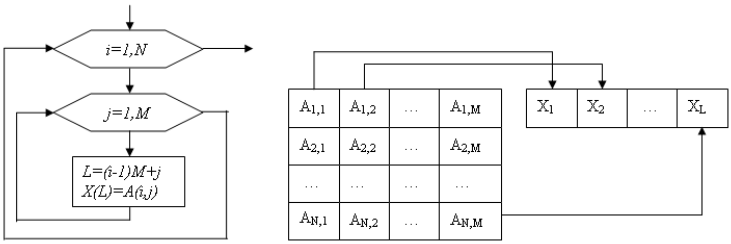


Рис. 3. Алгоритм преобразования двумерной матрицы в одномерный массив

На втором этапе путем пошагового сравнение каждого элемента массива формировались одномерные массивы заполненные номерами позиций элементов с равными значениями интенсивности регистрируемого изображения оптического излучения. Далее осуществлялось сравнение по размеру полученных матриц, и определялся массив с наибольшим количеством элементов. Алгоритм вычислений и соответствующие пояснения, представлены на рисунке 4, где применяются следующие обозначения: i – номера элементов одномерного массива; $rovn\_znach$ – значения интенсивности элемента массива, используется для определения позиций элементов с равными интенсивностями; l,k – количество элементов в сформированных массивах; $M[k]$ – промежуточный массив; $R[k]$ – массив с максимальным количеством элементов, заполненный номерами позиций элементов с равными значениями интенсивностей.

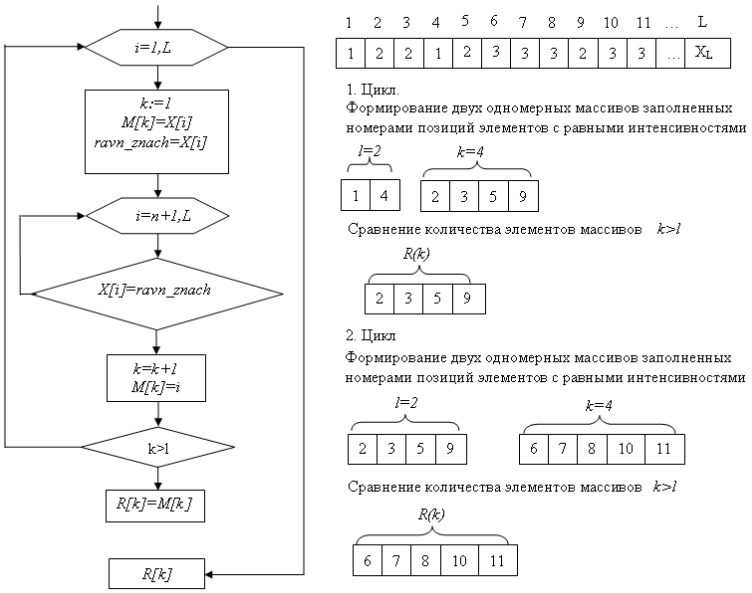


Рис. 4. Алгоритм получения одномерного массива с наибольшим количеством элементов с одинаковыми интенсивностями

На третьем этапе выбирались элементы массива находящиеся на максимальном расстоянии друг от друга. Значения выбранных шести элементов соответствовали порядковому номеру первоначальной двумерной матрицы. Алгоритм вычислений и соответствующие пояснения представлены на рисунке 5, где введены следующие обозначения: l – количество элементов массива заполненного номерами позиций элементов с равными значениями интенсивности; i – номера элементов одномерного массива; k – шаг формирования массива с шестью элементами; n – номер выбранного элемента; $Z[i]$ – массив с номерами шести элементов максимально равномерно удаленных друг от друга.

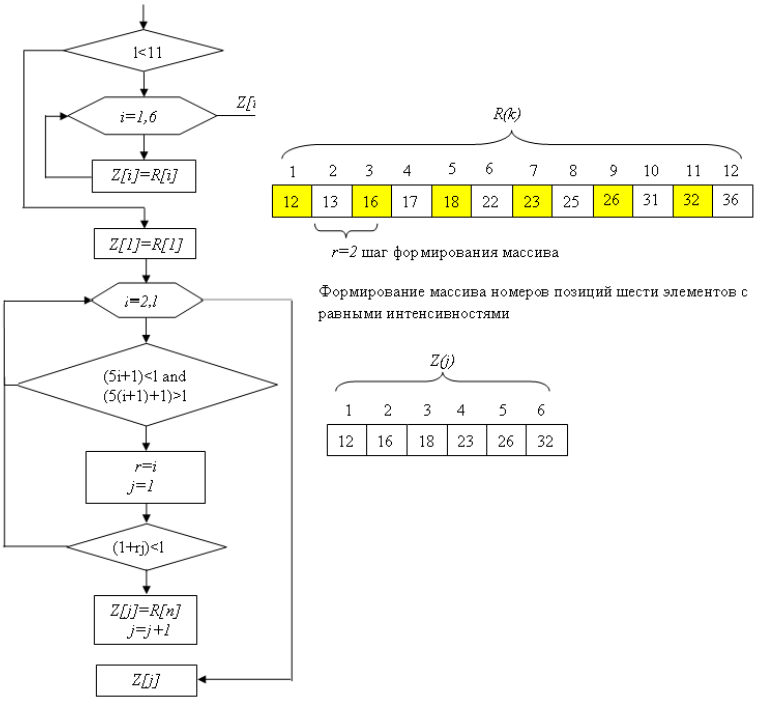
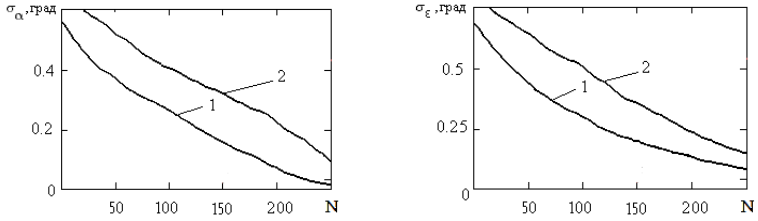


Рис. 5. Алгоритм получения одномерного массива с шестью элементами максимально равномерно удаленных друг от друга

Далее по значению номеров элементов сформированного массива $Z[j]$ в дальнейшем определялись координаты шести элементов

матричного фотоприемника с равными выходными сигналами (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4), (x_5, y_5), (x_6, y_6), по которым вычислялся угол азимута и места на источник оптического излучения.

С использованием выражений математической статистики [5] и разработанной процедуры, представленной в работе [2], в основе которой применялся метод имитационного моделирования Монте-Карло [6], позволяющий с использованием известных исходных данных об угловом положении источника оптического излучения сформировать «подыгрыш» разброса элементов матричного фотоприемника с равными выходными сигналами, получены статистические характеристики ошибок угла азимута и места на источник оптического излучения в зависимости от количества элементов с равными значениями интенсивностей для разработанного алгоритма выбора элементов фотоприемника (зависимость 1) и выбора элементов случайным образом (зависимость 2). Расчеты проводились при следующих исходных данных: размер элемента фотоприемника 15 на 15 мкм, среднеквадратичное отклонение выбора элементов фотоприемника 30 мкм (2 элемента). Результаты моделирования представлены на рисунках 6а и 6б.



а) б)

Рис. 6. Графики зависимостей среднеквадратичного отклонения угла азимута (а) и места (б) на источник оптического излучения от количества элементов в фотоприемнике с одинаковым значением интенсивности

Анализ полученных зависимостей показывает, что ошибки в определении направления на источник оптического излучения меньше при использовании разработанного алгоритма выбора шести элементов фотоприемника, чем при их выборе случайным образом, что показано на рисунке 6а и 6б зависимостями 1.

Заключение

В данной работе разработан алгоритм выбора элементов фотоприемника при определении угловых координат на источник оптического излучения по анализу распределения интенсивности в плоскости наблюдения. Получены с использованием имитационного моделирования зависимости среднеквадратического отклонения угла азимута и места на источник оптического излучения для двух алгоритмов выбора элементов фотоприемника. Анализ расчетов показывает, что ошибки в определении направления при использовании разработанного алгоритма меньше, чем при выборе элементов фотоприемника с равными интенсивностями случайным образом.

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: Научно-исследовательские публикации, 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, 2017. – Т. 2. – С. 194 –199.

3. Капитанов, В.В. Определение направления на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника с использованием корреляционной обработки изображений / В.В. Капитанов, А.А. Козирацкий, В.В. Помазков // XX Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», 9–10 февраля 2020 г., под ред. Зацаринного А.А., Борисова Д.Н. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2018. – Т. 2. – С. 525 – 530.

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: Научно-исследовательские публикации, 2019. – С. 340 – 345.

5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.

6. Козирацкий, Ю.Л. Имитационная модель угломерного способа координатометрии на основе трехточечных измерителей фазы / Ю. Л. Козирацкий, М. Л. Паринов, С. В. Петренков, Е. А. Мамаджанян // Радиотехника (Журнал в журнале «Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн»). – 2016. – № 32. – С. 30-35.

Моделирование колебаний балки под воздействием сейсмической нагрузки: сравнение классической и гистерезисной балок

Е. А. Карпов, email: believedream95@gmail.com
С. А. Зайцев, email: kondroshsergiano@gmail.com
О. А. Шеина, email: oksanaasheina@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В настоящей работе приводятся результаты моделирования поведения балки, находящейся под внешним воздействием, формализуемым материнской вейвлет функцией из семейства вейвлетов Добеши. Производится сравнение классической балки и балки с гистерезисными свойствами. В качестве гистерезисного преобразователя используется модель Боук-Вена. Показано, что учет гистерезисных свойств напрямую влияет на характер колебаний: когда классическая балка демонстрирует периодические колебания, «гистерезисная» балка демонстрирует стабилизацию в положение равновесия. Полученный результат может быть интересен ученым и специалистам, имеющим дело с моделированием поведения несущих конструкций в экстренных ситуациях.*

Ключевые слова: *балка, гистерезис, модель Боук-Вена, сейсмическая нагрузка, нагрузка, моделирование, разностная схема.*

Введение

В настоящее время проектирование несущих конструкций является неотъемлемой частью строительного процесса [1]. Особенно ответственно относятся к выбору конструктивных составляющих зданий в городах и странах, находящихся в сейсмоопасных регионах. Одним из таких регионов является Япония, где, в виду особенностей местности, ученые были вынуждены использовать демпферы, основная задача которых – обеспечение избыточной устойчивости здания по отношению к сейсмическим возмущениям. Они обеспечивают «трансформирование» энергии сейсмических колебаний почвы в тепловую энергию посредством трения. Альтернативным вариантом обеспечения устойчивости зданий является использование более прочных материалов обеспечивающих меньшую амплитуду колебаний несущих конструкций. Известно, что одним из базовых элементов

© Карпов Е. А., Семенов М. Е., Шеина О. А., 2021

любой несущей конструкции является – балка (см. Рис. 1). Во время нагрузок, балка начинает изгибаться, и во внутренней структуре ее материала начинают возникать внутренние силы, стремящиеся вернуть балке исходную форму. В случае, если после снятия нагрузки балка принимает недеформированную форму, однако, отличную от исходной, то следует говорить об упруго-пластическом гистерезисе [2-6]. Поэтому, моделирование поведения балки под нагрузкой представляет практический интерес.

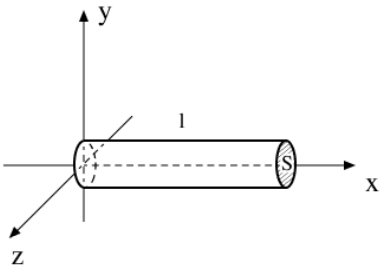
Ежегодно публикуется большое количество работ, посвященных исследованию характеристических особенностей балки под нагрузкой. Особое внимание уделяется численным методам решения уравнения колебаний балки. Один из таких методов основывается на дискретной дифференциальной геометрии [7]. Он предполагает разделение балки на конечное число дискретных узлов с последующим использованием степени свободы каждого. Получаемые уравнения движения интегрируются с использованием метода числовой интеграции Ньюмарка-бета, а именно неявной схемы Ньюмарка-бета второго порядка. В [7] демонстрируется эффективность численных методов применительно к модели балки, формализуемой посредством теории Тимошенко. Предложенный метод позволяет учитывать нелинейную деформацию, которую зачастую невозможно учесть в рамках аналитического подхода. Отметим, что предлагаемый метод является расширенной версией классического численного метода, функционирующего на основе разностных схем.

1. Уравнения колебаний балки

К настоящему времени известно большое количество типов балок. Классификация балок, обычно, производится по ряду критериев и каждый тип, как правило, применяется в конкретной задаче. Особый интерес представляет характер колебаний балки. Обычно, их описание сводится к двум схожим по своей идеологии подходам (см. Рис. 2). Первый из них предполагает перпендикулярность поперечного сечения нейтральной оси во время деформаций и именуется теорией Эйлера-Бернулли. Второй подход рассматривает прямую зависимость поперечного сечения от деформаций и именуется теорией Тимошенко, которая является обобщением теории Эйлера-Бернулли. Отметим, что, когда отношение длинны балки к ее толщине достаточно велико, оба подхода демонстрируют схожие результаты моделирования. Поэтому, в рамках настоящей работы, предположим, что это отношение велико и будем использовать теорию Эйлера-Бернули для описания колебаний балки (в представленном ниже уравнении используются нулевые граничные условия):

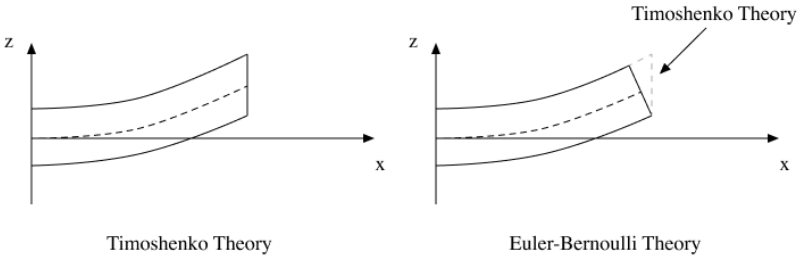
$$\begin{cases} u_{xxxx} = u_{tt} + g(x,t), x \in [0,L], t > 0, \\ u(x,0) = h_1(x), u_t(x,0) = h_2(x), \\ u(0,t) = u_{xx}(0,t) = u(L,t) = u_{xx}(L,t) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где $u(x,t)$ – отклонение от положения равновесия, L – длина балки, $a = const$ – величина обратно пропорциональная площади поперечного сечения умноженной на плотность, $g(x,t)$ – нагрузка, обычно, формализуемая периодическим сигналом, $h_1(x), h_2(x) \in L_2$ есть произвольные функции



длина – l, площадью поперечного сечения – S и сечение – круг.

Рис. 1. Схематическое изображение балки в трехмерном пространстве



а б

Рис. 2. Проекция балки на ось *Oxz* во время деформации: *а* – теория Тимошенко, *б* – теория Эйлера-Бернулли.

В настоящей работе рассматриваются нулевые начальные условия. Предположим, что после снятия нагрузки балка принимает недеформированную форму, однако, отличную от исходной. Очевидно,

что такое свойство описывается упруго-пластическим гистерезисом. Учет этой особенности предполагает модификацию уравнения (1). А именно, пусть нормальное напряжение описывается следующим соотношением:

$$\sigma(t) = \Gamma\varepsilon(t) \tag{2}$$

тогда уравнение (1) с учетом соотношения (2) примет вид:

$$\begin{cases} \Gamma[u_{xx}]_{xx} = u_{tt} + g(x,t), x \in [0,L], t > 0, \\ u(x,0) = h_1(x), u_t(x,0) = h_2(x), \\ u(0,t) = u_{xx}(0,t) = u(L,t) = u_{xx}(L,t) = 0 \end{cases} \tag{3}$$

где σ – нормальное напряжение, ε – относительное удлинение волокна материала, Г – гистерезисный преобразователь.

В настоящей работе гистерезисный преобразователь описывается, следуя феноменологическому подходу к описанию гистерезиса. Этот подход позволяет моделировать разные по форме петли гистерезиса, не обращая внимания на внутреннюю структуру моделируемой системы или процесса. Одна из самых известных моделей в рамках этого подхода является модель Боука-Вена, которая и используется в настоящей работе. Эта модель впервые была предложена Р. Боуком [8-9] и окончательно обобщена У. К. Веном [10]. Популярность этой модели обусловлена ее структурными особенностями, а именно тем, что это модель четырех-параметрическая и позволяет моделировать разнообразные по форме петли гистерезиса.

2. Метод численного решения уравнения колебаний

Моделировать поведение балки возможно двумя методами: аналитическим и численным. Очевидно, что получение аналитического решения для балки с гистерезисными свойствами трудоемко. Поэтому моделирование будет производится с использованием численных методов, а именно явной разностной схемой. Вводя равномерную сетку и полагая шаг по времени много больше шага по пространственной координате ($h_t >> h_x$) для сходимости решения, получим разностную схему для классической балки:

$$u_i^{j+1} = 2u_i^j - u_i^{j-1} - h_t a^2 \frac{6u_i^j - 4u_{i-1}^j - 4u_{i+1}^j + u_{i+2}^j + u_{i-2}^j}{h_x^4} + h_t g(ih_x \tag{4}$$

и для балки с гистерезисными свойствами:

(5)

$$u_i^{j+1} = 2u_i^j - u_i^{j-1} - h_t a^2 \left(\Gamma[\dot{u}]^{j-1} - \Gamma[\dot{u}]^j + \Gamma[\dot{u}]^{j-+} \right) + h_t g(ih_x, jh_t$$

где

$$\dot{u} = u_i^{j-1} - 2u_i^j + u_i^{j-1}. \quad (6)$$

3. Результаты

В настоящем разделе приводятся результаты моделирования колебаний классической и «гистерезисной» балок, находящихся под внешним воздействием. В качестве функции внешнего воздействия будем использовать «материнскую» вейвлет функцию:

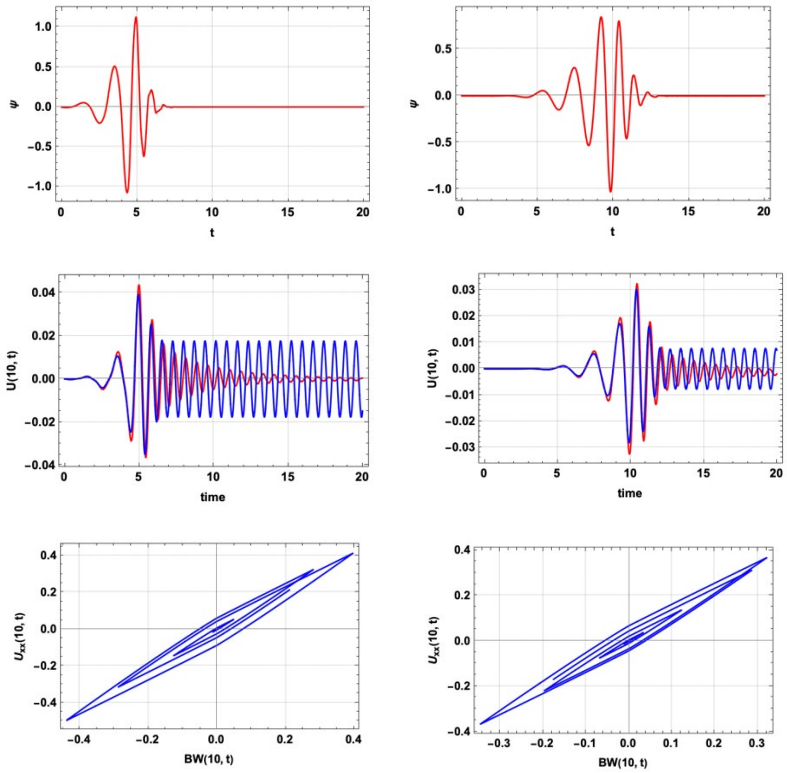
$$\psi_{a,b}(t) = \psi(\frac{t-b}{a}) \quad (7)$$

где a и b – являются параметрами растяжения и сдвига функции вейвлета, соответственно. Под вейвлет функциями, в рамках настоящей работы, понимаются хорошо известное семейство вейвлетов Добеши. Как можно видеть на рис. 3, учет гистерезисных свойств кардинально влияет на характер колебаний балки. Результаты демонстрируют, что классическая балка после 6 временных отчетов модельного времени демонстрирует колебательный режим с постоянной амплитудой и частотой, в то время как «гистерезисная» балка со временем стабилизируется и со временем достигает положения равновесия. Такая особенность связана с тем, что «гистерезис» способствует диссипации энергии колебаний, получаемых извне в иную ее форму.

Заключение

В настоящей работе продемонстрированы результаты моделирования колебаний балки, находящейся под внешним воздействием, формализуемым материнской вейвлет функцией из семейства вейвлетов Добеши. Произведено сравнение характера колебаний классической и «гистерезисной» балки. В качестве гистерезисного преобразователя выступает модель Боук-Вена. Показано, что поведение балки с учетом гистерезисных свойств демонстрирует отличные результаты от поведения классической балки.

А именно, в случае с классической балкой у колебаний устанавливается периодический режим с постоянной амплитудой и частотой, тогда как «гистерезисная» балка стабилизируется в положение равновесия. Полученный результат может быть интересен ученым и специалистам, имеющим дело с моделированием поведения несущих конструкций в экстренных ситуациях.



а б

а – вейвлет Добеши 6 порядка с параметрами $a = 1, b = 4$ *, б – вейвлет Добеши 10 порядка с параметрами* $a = 1, b = 9$ *. На графиках в среднем ряду изображено отклонение дискретной точки балки с координатами 0.1 от положения равновесия в зависимости от времени (синяя кривая соответствует решению уравнения (4), а красная – уравнению (5)). Нижний ряд – параметрическая зависимость второй производной от выхода гистерезисного преобразователя. Параметры Боук-Вен модели:* $\gamma = 0.5, \beta = 0.2, n = 0.2, A = 1.0$ *Параметры балки:*

$$L = 1, T = 20, a^2 = 0.5, h_x = 0.05, h_t = 0.00125.$$

Рис. 3. Верхний ряд – график материнской вейвлет функции от времени

Благодарность

Настоящая работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №19-08-00158-а.

Список литературы

1. Технология строительного производства. / Бозылев В. В. // УО "Полоцкий государственный университет" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elib.psu.by:8080/handle/123456789/8550

2. Медведский А.Л., Мелешенко П.А., Нестеров В.А., Решетова О.О., Семенов М.Е., Соловьев А.М. Неустойчивые колебательные системы с гистерезисом: задачи стабилизации и управления / А.Л. Медведский, П.А. Мелешенко, В.А. Нестеров, О.О. Решетова, М.Е. Семенов, А.М. Соловьев // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления – 2020. – № 4. – С. 58-82.

3. Semenov M.E., Reshetova O.O., Solovyov A.M., Tolkachev A.V., Meleshenko P.A. Oscillations under hysteretic conditions: from simple oscillator to discrete Sine-Gordon model / M.E. Semenov, O.O. Reshetova, A.M. Solovyov, A.V. Tolkachev, P.A. Meleshenko // Springer Proceedings in Physics. 4th. Cep. Topics in Nonlinear Mechanics and Physics – Selected Papers from CSNDD 2018 – 2019. – p. 229-253.

4. Борзунов С.В., Семенов М.Е., Сельвесюк Н.И., Мелешенко П.А. Гистерезисные преобразователи со случайными параметрами / С.В. Борзунов, М.Е. Семенов, Н.И. Сельвесюк, П.А. Мелешенко // Математическое моделирование – 2019. – Т. 31. – № 7. – С. 109-126.

5. Семёнов М.Е., Матвеев М.Г., Мелешенко П.А., Соловьев А.М. Динамика демпфирующего устройства на основе материала Ишлинского / М.Е. Семёнов, М.Г. Матвеев, П.А. Мелешенко, А.М. Соловьев // Мехатроника, автоматизация, управление – 2019. – Т. 20. № 2. – С. 106-113.

6. Semenov M.E., Solovev A.M., Popov M.A., Meleshenko P.A. Coupled inverted pendulums: stabilization problem / M.E. Semenov, A.M. Solovev, M.A. Popov, P.A. Meleshenko // Archive of Applied Mechanics (Ingenieur Archiv). 2018. – T. 88. – № 4. – p. 517-524

7. Xuanhe L., Weicheng H., Khalid M. J. A discrete differential geometry-based approach to numerical simulation of Timoshenko beam / L. Xuanhe, H. Weicheng, M. J. Khalid // Extreme Mechanics Letters – 2020. – v.35 – article 100622.

8. Bouc R. Forced vibration of mechanical systems with hysteresis / R. Bouc // Proceedings of the Fourth Conference on Nonlinear Oscillation. – Prague, Czechoslovakia, 1967 – p. 315.

9. Bouc R. Modèle mathématique d'hystérésis: application aux systèmes à un degré de liberté / R. Bouc // Acustica (in French) 1971. – v. 24. – p. 16-25.

10. Wen Y. K. Method for random vibration of hysteretic systems / Y. K. Wen // Journal of Engineering Mechanics. American Society of Civil Engineers. – 1976 – v. 102 (2) – p. 249-263.

Научно-методический аппарат поддержки принятия метеозависимых решений на основе использования хаотической динамики

С. Л. Кирносов, e-mail: slk_met@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *Представлен подход к разработке научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений при управлении авиационными системами в терминах детерминированного хаоса. Показаны возможности построения моделей гидрометеорологического обеспечения полетов авиации, функционирующих в устойчивых и в хаотических режимах при влиянии различных метеоусловий.*

Ключевые слова: *детерминированный хаос, фракталы, устойчивость систем, гидрометеорологическое обеспечение, метеорологическая неопределенность, авиационная система.*

Введение

Рассматриваются военные авиационные системы (АС), представляющие собой части, соединения и объединения Воздушно-космических сил (ВКС), выполняющие авиационные задачи (АЗ) в условиях метеорологической неопределенности.

Несмотря на повышение научно-технического уровня современных АС, метеорологические факторы продолжают оказывать значительное влияние на уровень эффективности и безопасности их функционирования. Обусловлено это, прежде всего, наличием метеонеопределенности, а также отсутствием научно-методического аппарата поддержки принятия авиационных решений на основе использования уже имеющейся неидеальной информации о погоде.

Следует также отметить, что функционирование АС представляет собой очень сложный процесс, который должен учитывать и уровень подготовки летчика, и конструктивные особенности воздушного судна, и уровень подготовки наземных служб и аэродрома в целом. Элементы такой АС связаны между собой и с внешней средой неоднозначными нелинейными соотношениями, что ведет к невозможности в большинстве случаев построения математической модели функционирования системы с использованием классических подходов.

© Кирносов С. Л., 2021

Поэтому предлагается разработать научно-методический аппарат поддержки принятия метеозависимых решений на основе использования хаотической динамики, основные положения которой начали разрабатываться в конце прошлого века.

Исходя из вышесказанного, целью работы является повышение качества метеообеспечения военных АС на основе разработки научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений с позиций системного анализа и хаотической динамики [1–3].

1. Разработка научно-методического аппарата

В различных динамических системах, поведение которых, демонстрирует детерминированный хаос, важными являются численные значения управляющих параметров, от которых зависит степень хаотичности АС. Управляя этими параметрами, можно добиться любых (из возможных) состояний динамической системы. Однако в открытых системах (к ним относятся АС) предусмотреть все возможные возмущения затруднительно. Кроме того, функциональные зависимости между возмущающими и управляющими воздействиями могут быть неизвестны. Поэтому управление динамической АС по возмущениям с неполной информацией приводит к накоплению ошибок. С целью минимизации негативного влияния данного факта необходимо проведение качественного анализа уравнений динамики системы с точки зрения установления наличия устойчивых инвариантных множеств (аттракторов), являющихся областями притяжения в фазовом пространстве характеристик функционирования (эволюции) системы. Пусть исследуемая управляемая система описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial X_1}{\partial t} = F(X_1, u_1) \\ \dfrac{\partial X_2}{\partial t} = F(X_2, u_2) \\ \ldots \\ \dfrac{\partial X_n}{\partial t} = F(X_n, u_n) \end{cases}, \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{X} = (X_1, X_2, .., X_n)$ – вектор фазовых переменных, принадлежащий вещественному евклидову пространству E_n; F – нелинейный оператор эволюции динамической системы; $\boldsymbol{u} = (u_1, u_2, .., u_n)$ – вектор управления, принадлежащий множеству вектор-функций G – множеству допустимых управлений.

Основной задачей является построение управления, обеспечивающего существование инвариантного множества M системы (1), обладающего требуемыми в приложении свойствами. Если понимать под инвариантным множеством определенный режим функционирования управляемой АС, то задача управления формулируется как нахождение управления, обеспечивающего устойчивость заданного режима системы. Установление границ инвариантного множества M системы (1) является важнейшей задачей, так как на практике – это множество возможных состояний управляемой системы после стабилизации [2-4].

В классической теории управления достаточно хорошо изучены вопросы динамики управляемых систем с инвариантным множеством. Но в постановке задачи, учитывающей переход режима функционирования системы в состояние детерминированного хаоса, например через серию бифуркаций по сценарию М. Фейгенбаума [1], ставится вопрос об изучении такой системы в нескольких положениях равновесия, когда множество точек покоя не связно, а сами точки могут быть неустойчивыми.

Исходя из вышесказанного, разработка научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений с позиций системного анализа и хаотической динамики сводится к построению модели управления военной АС, основанной на аттракторах [1]. Несмотря на сложность поведения хаотических (странных) аттракторов, знание фазового пространства позволяет представить поведение системы в геометрической форме и, соответственно, предсказать его. И хотя нахождение системы в конкретный момент времени в конкретной точке фазового пространства практически невозможно, область нахождения объекта и его стремление к аттрактору предсказуемы. Ранее такой математический подход в задачах управления не рассматривался.

Модель управления АС представляется в виде множества величин, описывающих процесс ее функционирования и образующих следующие подмножества: совокупность входных воздействий на систему $x_i \in X,\ i = \overline{1,\ n_X}$; совокупность воздействий внешней среды (метеорологических условий) $v_l \in V,\ l = \overline{1,\ n_V}$; совокупность внутренних параметров АС $h_z \in H,\ z = \overline{1,\ n_H}$; совокупность выходных характеристик АС $y_j \in Y,\ j = \overline{1,\ n_Y}$.

При моделировании АС входные воздействия, метеоусловия и внутренние параметры системы являются независимыми (экзогенными) переменными, которые в векторной форме имеют соответственно вид:

$$\vec{x}(t) = (x_1(t),\ x_2(t),..,\ x_{nX}(t)), \quad (2)$$

$$\vec{v}(t) = (v_1(t),\ v_2(t),..,\ v_{nV}(t)), \quad (3)$$

$$\vec{h}(t) = (h_1(\Omega,\ \Xi,\ t),\ h_2(\Omega,\ \Xi,\ t),..,\ h_{nH}(\Omega,\ \Xi,\ t)), \quad (4)$$

где Ω и Ξ – информация о детерминированных и хаотических свойствах, а выходные характеристики системы являются зависимыми (эндогенными) переменными и в векторной форме имеют вид:

$$\vec{y}(t) = (y_1(t),\ y_2(t),..,\ y_{nY}(t)), \quad (5)$$

$$\vec{y}(t) = \mathrm{F_S}(\vec{x},\ \vec{v},\ \vec{h},\ t). \quad (6)$$

Процесс функционирования АС (в соответствии с выражением (6)) описывается во времени оператором $\mathrm{F_S}$, который в общем случае преобразует экзогенные переменные в эндогенные.

Заключение

Таким образом, разработку научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений при управлении АС необходимо выполнять на основе применения фактической и прогностической метеорологической информации, а также с учетом информации о степени хаотичности параметров функционирования системы в целом. В свою очередь функционирование АС представляет собой очень сложный процесс, который должен учитывать и уровень подготовки летчика, и конструктивные особенности воздушного судна, и уровень подготовки наземных служб и аэродрома в целом на основе использования основных положений хаотической динамики.

Список литературы

1. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 160 с.

2. Михайлов В.В., Кирносов С.Л. Синтез методов фрактальной и комплексной динамики при построении системы поддержки принятия метеозависимых решений. Системы управления и информационные технологии, № 3(57), 2014. С. 85–88.

3. Михайлов В.В., Кирносов С.Л., Ищук И.Н. Научно-методический аппарат управления метеозависимой авиационной системой, основанный на теории детерминированного хаоса. Вестник Военно-воздушной академии. Выпуск 1(22), 2015. С. 176–182.

4. Михайлов В.В., Кирносов С.Л. Фрактальная модель метеообеспечения при управлении авиационной динамической системой // Наукоемкие технологии, № 4, 2015. С. 10–15.

Анализ информационных технологий при построении дешифраторов с частотной и кодовой селекцией сигнала для моделирования и поддержки дистанционного управления функционированием комплекса мобильных объектов в сложной помеховой обстановке

Кононов А.Д., e-mail: kniga126@mail.ru
Кононов А.А., e-mail: kniga16@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *На основе логико-математического сопоставления различных информационных технологий, основанных на сравнении рассчитанных характеристик снижения уровня импульсных помех, предлагаются схемы дешифраторов с частотной и кодовой селекцией сигналов для повышения эффективности деятельности человека в режиме дистанционного управления комплексом технологических машин различного назначения.*

Ключевые слова: *модель, информационные системы, команды, радиоуправление, селекция сигнала, дешифратор.*

Введение

В реальных системах связи и управления прием осуществляется в условиях воздействия внешних помех, поступающих на вход приемника из радиоканала, и внутренних шумов самого приемного устройства, приводящих к искажениям информационного сигнала. Даже при весьма высоком отношении мощностей сигнала и помехи нет полной гарантии абсолютной достоверности приема команд управления, речь может идти лишь об обеспечении определенной вероятности достоверного приема.

Для исследования и сравнительной оценки помехоустойчивости различных информационных систем передачи двоичных сигналов необходимо установить ее количественную меру. С точки зрения потребителя системы дистанционного управления движущимися мобильными объектами помехоустойчивость удобно оценивать по степени обеспечения функциональных задач автоматизированной системы управления какими-либо рабочими агрегатами в целом при заданных уровнях и характере сигнала и помехи [1-4].

Однако при этом анализ проблемы помехоустойчивости становится весьма сложным, что вынуждает обычно ограничивать область рассмотрения этой проблемы самой системой передачи информации

© Кононов А.Д., Кононов А.А., 2021

либо ее отдельными звеньями. Надо также учитывать, что во многих информационных системах передачи данных широко применяются каналы универсального назначения, рассчитанные на возможность их использования различными потребителями. Поэтому при оценке помехоустойчивости таких информационных систем область рассмотрения обычно ограничивают самим каналом радиоуправления (КРУ), а анализ производят, например, с точки зрения обеспечения требуемой достоверности передачи сообщения по каналу связи при заданных уровнях и характере сигнала и помех. Такая оценка не может быть однозначной для любых систем, поскольку допустимые характер и степень соответствия зависят от назначения информационной системы. Поэтому возможны различные критерии оценки соответствия принимаемых команд управления переданным и соответствующие им критерии оптимальности приемных устройств.

1. Методы подавления импульсных помех в каналах радиоуправления мобильными объектами

Аддитивные помехи, возникающие в каналах радиоуправления мобильными объектами (МО), по электрической и статистической структуре в работах [5-8] были разделены на флуктуационные, сосредоточенные и импульсные помехи. На основе анализа основных типов помех [5-8] в КРУ МО можно сделать вывод, что наиболее распространенным типом помех, воздействующих на приемное устройство по основному и неосновным каналам, являются помехи импульсного типа.

Спектр импульсной помехи шире спектра полезного сигнала. Этот факт используется во многих устройствах для подавления импульсных помех. Для определения потенциальных возможностей таких устройств [7] проводится анализ характеристики подавления Q_1

$$Q_1 = \frac{U_{вхп}}{U_{вхс}} \sqrt{\frac{\tau_n}{\tau_c}} \qquad (1)$$

и снижения помехоустойчивости Q_2 из-за расширения спектра неимпульсных помех при подавлении импульсных

$$Q_2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \beta_ш(f) y_ш(f) S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} y_y(f) S(f) df}, \qquad (2)$$

где τ_i – длительность посылки принимаемого сигнала;

$S(f)$ – спектр импульсной помехи;

$y_{ш}(f)$ и $y_{у}(f)$ – соответственно частотные характеристики широкополосного и узкополосного трактов;

$\beta_{ш}(f)$ – максимум эффекта на выходе приемника при единичной гармонической составляющей на его входе.

При постоянной спектральной плотности суммы неимпульсных помех в области частот приема с частотными характеристиками широкополосного и узкополосного трактов (Δf и ΔF соответственно) выражение (2) принимает вид:

$$Q_2 = \frac{2}{\pi} \ln \frac{\Delta f}{\Delta F} \cdot \frac{S_{\Delta f}}{S_{\Delta F}}. \qquad (3)$$

Эффективным методом защиты от импульсных помех является метод селекции по длительности. Если помеховый импульс короче импульсов команды, то такие помехи могут быть обнаружены и подавлены при помощи селектора по длительности. Данный метод по своей эффективности близок к методу запирания приемного устройства.

Таким образом, используя тот или иной метод для борьбы с импульсными помехами, возможно получить полное или частичное их подавление. При полном подавлении помехи на вход дешифратора приемного устройства поступает сигнал, мало чем отличающийся от переданного. При этом вероятность ошибочного приема на выходе дешифратора может быть сколь угодно малой. При частичном подавлении помехи вероятность ошибочного приема принимает какое-то конечное значение. Исходя из этого, задача создания помехоустойчивой схемы дешифратора является не менее важной, чем задача создания самого радиоприемника с помехоустойчивостью, близкой к потенциальной. На практике при приеме полезные импульсы подвергаются различным искажениям, которые могут вызвать большую или меньшую ошибку в зависимости от вида модуляции и метода декодирования. В этом плане на основании анализа различных источников [4-8] наиболее перспективными являются системы радиоуправления с использованием для передачи команд частотной и кодовой селекции сигналов.

2. Анализ структурных моделей подавления импульсных помех

В общем виде дешифратор для канала с частотным признаком сигнала может быть реализован в соответствии с функциональной схемой, изображенной на рис. 1.

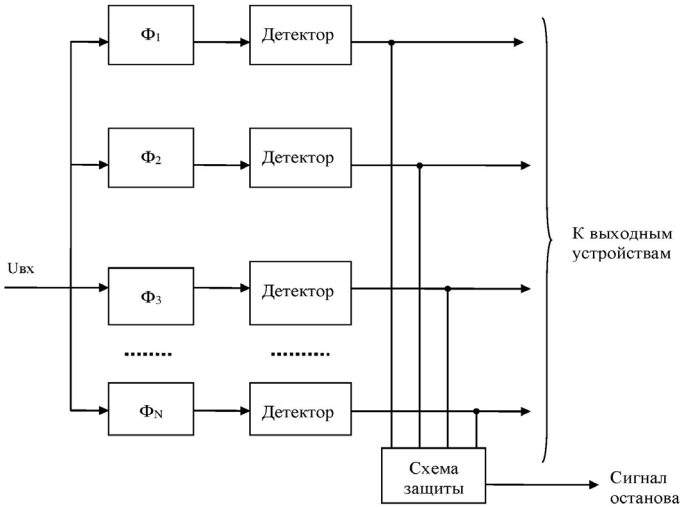


Рис. 1. Структурная модель дешифратора системы подавления помех с частотной селекцией в канале радиоуправления мобильными объектами

Напряжение $U_{вх}$, снимаемое с выхода радиоприемника и представляющее собой для каждого момента времени сумму низкочастотных колебаний, поступает на разделительные фильтры $\phi_1, \phi_2 ..., \phi_n.$ а затем напряжения, снимаемые с фильтров поступают в соответствующие детекторы, где выделяются постоянные составляющие. В решающем устройстве происходит преобразование и передача полученного сигнала к исполнительным устройствам. Параллельно сигналы поступают на схему защиты, построенную по принципу присутствия одновременно передаваемых частот, которая вырабатывает «сигнал останова» в случае нарушения правильного функционирования канала радиоуправления мобильными объектами.

Для канала с кодово-импульсной модуляцией (КИМ) дешифратор может быть построен в соответствии с функциональной схемой, изображенной на рис. 2, где обозначено:

ФИС – формирователь импульса синхронизации;

ФАК – формирователь адреса команды;

ГСИ – генератор синхронизирующих импульсов;

ПК – преобразователь кода;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

АК – аналоговый коммутатор.

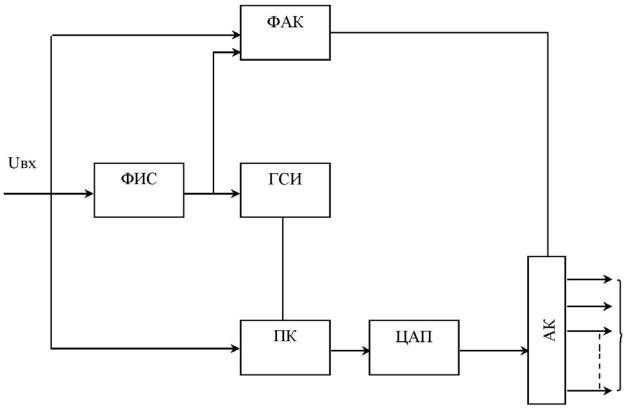


Рис. 2. Структурная модель дешифратора системы подавления помех канала радиоуправления мобильными объектами с кодово-импульсной модуляцией

Напряжение $U_{вх}$, снимаемое с выхода радиоприемника и определяемое совокупностью двоичных кодов, поступает на формирователь адреса команды ФАК, формирователь импульса синхронизации (ФИС) и преобразователь последовательного кода в параллельный (ПК). После преобразователя, сигнал поступает на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), где вырабатывается сигнал, пропорциональный $2^0, 2^1, 2^2, \ldots$. В аналоговом коммутаторе (АК) происходит распределение полученного сигнала управления в соответствии с сигналом адреса команды. После коммутатора сигнал поступает на выходные схемы перед исполнительными устройствами. Работа радиоканала синхронизируется с помощью генератора синхронизирующих импульсов (ГСИ).

При прохождении сигнала по каналу управления возможно подавление части команд (пропуск команды). Вероятность подавления, очевидно, может быть определена соотношением

$$P_n = n_n / n_1 , \tag{4}$$

где n_n – число подавленных команд; n_1 – число переданных помех.

Однако могут возникать и те команды, которые не передавались (ложные команды). Вероятность образования ложной команды определяется по формуле

$$P_\Delta(t) = M(t) , \tag{5}$$

где M – среднее число ложных команд в единицу времени.

В основе функционирования приемников радиоуправления лежит принцип сравнения по порогу. Помехоустойчивость приемника во многом зависит от порогового устройства. В отсутствие команд радиоуправления на вход приемника будут действовать только помехи. Если помеха будет превышать напряжение порога, то на выходе дешифратора появится ложная команда. Чем больше напряжение порога, тем меньше ложных команд будет проникать на выход дешифратора. В то же время, чем больше напряжение порога, тем чаще команда управления будет подавляться помехой («теряться в помехах»). Таким образом. пороговое напряжение является связующим звеном между P_n и M. На практике при работе технологических машин появление ложной команды более опасно, чем ее пропуск (подавление). Поэтому величина порогового напряжения здесь выбирается выше оптимального, то есть больше той величины, когда $P_n = P_\Delta$.

С учетом изложенного для повышения эффективности и безошибочности работы системы в режиме дистанционного управления необходима защита дешифратора от образования ложной команды. Для этого можно для передачи команд использовать только часть возможных комбинаций. В командах с частотными признаками может использоваться защита по постоянному числу одновременно передаваемых частот. В каналах с кодово-импульсной модуляцией возможно применение различных помехоустойчивых кодов.

Заключение

Основными достоинствами частотного разделения каналов является экономное использование полосы пропускания группового канала и возможность объединения нескольких каналов для передачи более широкополосного сигнала. К недостаткам относятся наличие переходных помех, обусловленных нелинейностями характеристик группового тракта, и возможность накопления этих помех.

Системы с кодово-импульсной модуляцией обладают высокой помехозащищенностью, пригодны для использования в каналах с высоким уровнем шума, а качество работы информационных систем некритично к изменениям характеристик группового тракта.

Полученные результаты могут быть полезны при поиске и моделировании оптимальных методов неискаженной передачи информации для систем дистанционного управления работой технологических машин различного назначения в сложной помеховой обстановке.

Список литературы

1. 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.

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. 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.

4. Тихонов, В. И. Сравнительный анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.

5. 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.

6. Поздняк, С. И. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн / С.И. Поздняк, В.А. Мелитицкий. – М.: «Сов. радио», 1974. – 480 с.

7. 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.

8. 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.

Компьютерная обработка данных в одной многомерной математической задаче

В. В. Крутских, e-mail: krutskihvlad@mail.ru
А. В. Лобода, e-mail: lobvgasu@yandex.ru

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *За счет использования компьютерных алгоритмов задача изучения 7-мерных невырожденных по Леви орбит в* J^4 *вещественных 7-мерных нильпотентных неразложимых алгебр Ли доведена до практического завершения.*

Ключевые слова: *Алгебра Ли, коммутационные соотношения, многомерный массив, символьные вычисления.*

Введение

Информацию, связанную с задачей описания голоморфно однородных вещественных гиперповерхностей многомерных комплексных пространств, предлагается обрабатывать с помощью компьютерных алгоритмов. Ниже описывается компьютерная методика изучения голоморфных реализаций 7-мерных алгебр Ли.

Исследование и, в частности, интегрирование отдельной алгебры, допускающей такую реализацию, является относительно несложной задачей. Главной причиной, требующей привлечения компьютерных технологий, является большое количество различных многомерных алгебр Ли. Так, количество типов вещественных нильпотентных (неразложимых) 7-мерных алгебр Ли, изучаемых в настоящей работе, равно 149 (см. [1]).

Использование компьютерных алгоритмов позволило разделить этот массив алгебр Ли на блоки, отличающиеся возможностями их реализации в виде алгебр векторных полей на невырожденных гиперповерхностях пространства J^4. Большая часть обсуждаемых алгебр, как оказалось, не допускает таких реализаций. Меньшая часть, содержащая 14 различных типов алгебр Ли, доводится до построения невырожденных орбит представителей этого блока.

1. Абелевы идеалы и абелевы подалгебры

Алгебра Ли – это линейное пространство с антикоммутативным умножением. Всякая 7-мерная алгебра Ли описывается своей «таблицей умножения», т.е. множеством коммутационных соотношений вида

© Крутских В. В., Лобода А. В., 2021

$$[e_i; e_j] = \sum_{k=1}^{7} \alpha_k e_k \ , \qquad (1)$$

где $e_1 ... e_7$ - какой-либо базис обсуждаемой алгебры.

Для компьютерной обработки информации о каждой конкретной алгебре Ли необходимо представить такую алгебру (ее коммутационные соотношения) в удобном виде. Для этого используем предложенное в [1] описание коммутационных соотношений в виде 3-мерного массива. Например коэффициенты α_k из соотношения (1) запишем в массив: $(i, j, k) = \alpha_k$, $(j, i, k) = -\alpha_k$ для всех k. Так мы получим 14 записей в массиве. Аналогично описываем все коммутаторы алгебры и получаем (компьютерное) представление (абстрактной) алгебры Ли.

Опыт изучения реализаций 5-мерных алгебр Ли в пространстве трех комплексных переменных показывает важную роль максимальных абелевых идеалов и абелевых подалгебр исходных алгебр.

Для поиска абелевых идеалов и подалгебр 7-мерных алгебр Ли были написаны следующие процедуры в пакете Maple:

Листинг 1

Процедура для поиска абелевых идеалов

```
ideal_chek := proc(A, n, B, m)
local i, j, k;
for i to n do
for j to m do
for k to n do
if A[i, B[j], k] <> 0 and member(k, B) = false then
return;
end if;
end do;
end do; end do;
for i to m do
for j to m do
for k to n do
if simplify(A[B[i], B[j], k] - A[B[j], B[i], k] <> 0) then
return;
end if;
end do;
end do;
end do;
return print(B);
end proc;
```

Листинг 2

Процедура для поиска абелевых подалгебр

```
subalg_chek := proc(A, n, B, m)
local i, j, k;
for i to m do
for j to m do
for k to n do
if simplify(A[B[i], B[j], k] - A[B[j], B[i], k] <> 0) then
return 0;
end if;
end do;
end do;
end do;
return B;
end proc;
```

В результате выполнения программ установлено, что из 149 нильпотентных алгебр Ли 72 алгебры имеют 4-мерный максимальный абелев идеал, 73 алгебры – 5-мерный абелев идеал и 4 алгебры – 6-мерный идеал.

Отметим, что алгоритм поиска абелевых идеалов был реализован в [2], на начальной стадии изучения задачи. В процессе ее исследования алгоритм дополнялся различными уточнениями. Например, при изучении реализаций в J^4 алгебр Ли с максимальным 4-мерным абелевым идеалом оказывается важным количество различных абелевых подалгебр (той же размерности 4) у конкретных алгебр Ли.

Ниже мы обсудим подробно случай 5-мерных идеалов.

2. Алгебры с 5-мерным абелевым идеалом

В этом случае оказалось существенным свойство коммутирования элементов из дополнения к идеалу с подалгебрами самого такого идеала.

Для описания такого свойства была реализована программа, определяющая количество алгебр в начальном массиве (из 73 алгебр Ли), в которых базисные элементы из дополнения к 5-мерному идеалу коммутируют с m (базисными) элементами идеала при $m = 2,3,4$.

Здесь для каждого (базисного) элемента из дополнения к 5-мерному идеалу отдельной алгебры составляется 2-мерный массив, в который входят коэффициенты из начального (3-мерного) описания обсуждаемой алгебры Ли. Пусть, например, задана абстрактная алгебра, у которой идеал $I_5 =< e_3, e_4, e_5, e_6, e_7 >$, а дополнением к нему является $< e_1, e_2 >$. Для поля e_1 составим матрицу коэффициентов разложений $[e_1; e_k] = \sum \alpha_{kl} e_l$, $k,l = \overline{3,7}$.

Таблица 1

Таблица коэффициентов разложений

	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7
e_3	α_{33}	α_{43}	α_{53}	α_{63}	α_{73}
e_4	α_{34}	α_{44}	α_{54}	α_{64}	α_{74}
e_5	α_{35}	α_{45}	α_{55}	α_{65}	α_{75}
e_6	α_{36}	α_{46}	α_{56}	α_{66}	α_{76}
e_7	α_{37}	α_{47}	α_{57}	α_{67}	α_{77}

Такие матрицы составляются для двух полей дополнения, и считается число нулевых столбцов в них. Это число говорит нам о том, со сколькими полями идеала коммутирует поле из дополнения.

Подсчет количества нулей в столбце реализуется несложной процедурой в Maple. Также написана процедура для формирования подобного рода матриц и сравнения числа нулевых столбцов с определенным константным значением:

Листинг 3

Процедура для формирования матриц

```
th_chek:=proc(A,n,B,m)
local i,j,k,Dop,kk,H1,H2,podalg;
Dop:=vector(2);
kk:=1:
for i to 7 do
if member(i,B)=false then
Dop[kk]:=i:
kk:=kk+1:
end if;
end do:
H1:=array(sparse,1..7,1..5):
H2:=array(sparse,1..7,1..5):
for i to 5 do
for j to 7 do
H1[j,i]:=Alg[Dop[1],B[i],j]:
H2[j,i]:=Alg[Dop[2],B[i],j]:
end do;
end do;
podalg:=e[B[1]],e[B[2]],e[B[3]],e[B[4]],e[B[5]];
if nul_chek(H1,7,5) >3 or nul_chek(H2,7,5) >3 then
return(print(podalg,"Вырожденные орбиты"));
else
return(print(podalg,"Не факт, что вырожденные"));
end if;
end proc:
```

В ходе выполнения такой программы было установлено, что 22 из 73 алгебр имеют в дополнении к 5-мерному идеалу хотя бы одно поле, которое коммутирует с 4-мерной подалгеброй идеала. В [3] показано, что такие алгебры автоматически имеют только вырожденные по Леви орбиты.

Имеется еще 39 алгебр, у которых хотя бы одно поле из дополнения коммутирует с 3-мерной подалгеброй идеала, и 12 алгебр, у которых хотя бы одно поле коммутирует с 2-мерной подалгеброй. Для их изучения предлагается использовать еще один традиционный математический прием, переходя к «стандартным базисам» изучаемых алгебр.

3. Стандартные базисы алгебр с 5-мерным идеалом

У любой из алгебр с обозначенными выше свойствами можно ввести базис, более естественно отражающий эти свойства и отличающийся, вообще говоря, от начального базиса работы [1].

Мы учтем, что у всех 39 + 12 = 51 рассматриваемых алгебр Ли имеется нетривиальный центр. У 21 алгебры из 39 этот центр является двумерным и содержится в 5-мерном идеале; у 13 алгебр из 39 центр является одномерным, и он также содержится в соответствующем 5-мерном идеале. Оставшиеся 5 алгебр из 39 мы здесь не обсуждаем, их исследование можно провести в «ручном режиме».

Рассмотрим сначала произвольную 7-мерную алгебру Ли, у которой в дополнении к 5-мерному абелеву идеалу I_5 имеется элемент коммутирующий с 3-мерной подалгеброй h_3 этого идеала.

Обозначим такой элемент через E_1, а базис Гонга 3-мерной подалгебры h_3, с которой коммутирует E_1, через E_5, E_6, E_7. При этом будем считать E_6 и E_7 элементами центра. Отметим, что их можно переставлять, так же, как и элементы E_3 и E_4, входящие в 5-мерный идеал, но не в подалгебру h_3. При работе с начальными базисами Гонга второй элемент из дополнения к I_5 (однозначно определяемый введенными договоренностями) обозначим через E_2.

В пакете Maple был разработан и реализован алгоритм, позволяющий, в дополнение к описанным программам, перевести обозначения Гонга для базисов алгебр в наши обозначения. Ниже приведены таблицы умножения (коммутационные соотношения) в новых обозначениях.

Таблица 2

21 алгебра

Алгебра	$[E_1;E_2]$	$[E_1;E_3]$	$[E_1;E_4]$	$[E_2;E_3]$	$[E_2;E_4]$	$[E_2;E_5]$
$27B$		$-E_6$	E_7	E_7		E_6
$257D$	$-E_5$	E_6	E_7	E_7		E_6
$257E$		$-E_7$	E_6	E_5		E_6
$257G$		$-E_7$	E_6	E_5	E_7	E_6
$257H$		$-E_6$	E_7	E_5		E_6
$257J$	$-E_3$	E_6	E_7	E_7		E_6
$247I$		$-E_5$	E_6	$-E_4$	E_7	E_6
$247M$	$-E_4$	$-E_6$	E_7	E_5		E_6
$247N$	$-E_4$	E_7	E_6	E_5		E_6
$247O$	$-E_4$	$-E_7$	E_6	E_5	E_7	E_6
$247P$	$-E_4$	$-E_5$	E_6	$-E_4$		E_6
$2457D$	$-E_3$	E_6	E_6	E_5	E_7	E_6
$2457E$	$-E_3$	E_7	E_7	E_5		E_6
$2457H$	$-E_3$	E_7	E_6	E_5		E_6
$2457I$	$-E_3$	E_6	E_7	E_5		E_6
$2457J$	$-E_3$	E_6+E_7	E_7	E_5		E_6
$2457K$	$-E_3$	E_7	E_6	E_5	E_7	E_6
$2457M$	$-E_3$	E_5	E_6	E_4	E_7	E_6
$2357A$		$-E_5-E_7$	$-E_6$	E_4	E_5	E_6
$2357B$	$-E_7$	$-E_5$	$-E_6$	E_4	E_5	E_6
$23457E$	$-E_3$	E_5+E_7	E_6	E_4	E_5	E_6

За счет сходства последних позиций отдельных строк этих таблиц обсуждения многих включенных в них алгебр удается проводить единообразно. В частности, несложными математическими рассуждениями устанавливается невозможность реализации в виде алгебр векторных полей на невырожденных гиперповерхностях в пространстве $\mathbb{J}^4$ для (20 + 7) = 27 алгебр из этих таблиц.

Таблица 3

13 алгебр

	$[E_1;E_2]$	$[E_1;E_3]$	$[E_1;E_4]$	$[E_2;E_3]$	$[E_2;E_4]$	$[E_2;E_5]$	$[E_2;E_6]$
$137A$		E_4	E_7			E_6	E_7
$137C$		$-E_6$	$-E_7$	E_4		E_6	E_7
$1357G$	$-E_3$	E_4	E_7			E_6	E_7
$1357I$		$-E_4$	E_7	$-E_5$		E_6	E_7
$1357O$	E_3	E_6	E_7	E_4		E_6	E_7
$1357Q$	E_3	E_4	E_7	E_6		E_6	E_7
$13457B$	$-E_3$	E_7	E_7	E_5		E_6	E_7
$13457F$	$-E_3$	E_4	E_7	E_5		E_6	E_7
$12457A$		$-E_6$	$-E_7$	E_4	E_5	E_6	E_7
$12457B$		$-E_6-E_7$	$-E_7$	E_4	E_5	E_6	E_7
$123457D$	$-E_3$	E_6	E_7	E_4	E_5	E_6	E_7
$123457E$	$-E_3$	E_6+E_7	E_7	E_4	E_5	E_6	E_7
$1357Q_1$	E_3	E_4	$-E_7$	E_6		E_6	E_7

Аналогично упрощаем базисы 12 алгебр, в которых элемент дополнения к 5-мерному идеалу коммутирует лишь с двумя элементами идеала. Здесь за счет использования стандартных базисов также устанавливается невозможность реализации 8 алгебр в пространстве J^4. Еще для 4-х алгебр из этих 12 аналогичная невозможность доказывается в «индивидуальном порядке».

4. Интегрирование алгебр Ли

С учетом сказанного выше, из всех 73 обсуждаемых алгебр Ли, имеющих 5-мерный идеал, остаются лишь 7 алгебр ($137A$, $137C$, $1357G$, $1357O$, $1357Q$, $247P_1$, $1357Q_1$), для которых потенциально возможны реализации в виде алгебр векторных полей в

пространстве $\mathbb{J}^4$. Эти алгебры действительно допускают такие реализации. Техника упрощения базисов таких 7-мерных алгебр описана, например, в [4].

Так, каждый элемент базиса $e_1 ... e_7$ обсуждаемой алгебры Ли g представляется в виде голоморфного векторного поля

$$e_k = a_k(z)\frac{\partial}{\partial z_1} + b_k(z)\frac{\partial}{\partial z_2} + c_k(z)\frac{\partial}{\partial z_3} + d_k(z)\frac{\partial}{\partial z_4},\ (k = \overline{1,7}) \tag{2}$$

в пространстве $\mathbb{J}^4$. Здесь $a_k(z)$, $b_k(z)$, $c_k(z)$, $d_k(z)$ – голоморфные (вблизи обсуждаемой поверхности) функциональные коэффициенты, $z = (z_1, z_2, z_3, z_4)$ – вектор комплексных координат. Для удобства используется сокращенная запись $e_k : (a_k, b_k, c_k, d_k)$ формулы (2).

Используя эту технику и договоренности, например, базис алгебры 137A можно привести голоморфными заменами координат к виду

$$\begin{gathered} e_1 : (1,0,0,0); \\ e_2 : (A_2, B_2, -z_2 + C_2, -z_3 + D_2); \\ e_3 : (0, A_2^2, -A_2 D_4 - A_2 z_1, \frac{1}{2} z_1^2 + D_4 z_1 + D_3); \\ e_4 : (0,0,-A_2, z_1 + D_4); \\ e_5 : (0,1,0,0); \\ e_6 : (0,0,1,0); \\ e_7 : (0,0,0,1); \end{gathered} \tag{3}$$

Вещественная гиперповерхность $M = \{\Phi = 0\}$ является орбитой (интегральной поверхностью) голоморфной реализации алгебры Ли g, если для каждого базисного поля этой алгебры выполняется условие касания M в виде

$$\Re e\{e_k(\Phi)|_M\} = 0 \tag{4}$$

Получаемые достаточно громоздкие системы уравнений в частных производных также удобно интегрировать с использованием символьных вычислений (см. [5]) и соответствующих процедур. Разработана еще одна программа, дополняющая упомянутый выше комплекс программ, с помощью которой установлено, что орбиты (интегральные поверхности) всех 7 алгебр из этого раздела могут быть только вырожденными по Леви.

Заключение

Реализованные с использованием пакета Maple алгоритмы позволили найти все абелевы идеалы и подалгебры всех 149 нильпотентных 7-мерных алгебр Ли. С помощью разработанных программ исследованы 7-мерные орбиты в J^4 у всех 73 алгебр Ли (из обсуждаемых 149), имеющих 5-мерный абелев идеал. Любая из таких орбит может быть только вырожденной (по Леви) гиперповерхностью в J^4.

Планируется регистрация комплекса разработанных программ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект N 20-01-00497).

Список литературы

1. 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.

2. Крутских, В. В. Интегрирование 7-мерных алгебр Ли с использованием символьных вычислений / В. В. Крутских, А. В. Лобода // Материалы XX международной научно-методической конференции “Информатика: проблемы, методология, технологии”. – Воронеж. – 2020. – С. 579-586.

3. Лобода, А. В. О задаче описания голоморфно однородных вещественных гиперповерхностей 4-мерных комплексных пространств / А. В. Лобода // Труды МИАН. – 2020. – Т. 331. – С. 194-212.

4. Лобода, А. В. On the orbits of nilpotent 7-dimensional Lie algebras in 4-dimensional complex space / А. В. Лобода, Р. С. Акопян, В. В. Крутских // Журнал СФУ, Математика и физика. – 2020. – № 3, С. 360-372.

5. Дьяконов, В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании/ В. П. Дьяконов – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 720с.

Методика оценки интенсивности осадков и водности облаков на основе данных дистанционных измерений

И. Е. Кузнецов, email: vaiumet@mail.ru
Д. В. Булгин, email: d.bulgin77@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В статье рассматривается методика оценки интенсивности осадков и водности облаков на основе данных, полученных от метеорологических радиолокационных станций.*

Ключевые слова: *Интенсивность осадков, водность облаков, метеорологические радиолокационные данные.*

Введение

Анализ безопасности полетов авиации показывает, что в 30% случаев метеорологические условия явились причиной или сопутствовали авиационным происшествиям. Повышение безопасности полетов зависит от информации, представленной для оценки метеорологической обстановки [1]. В настоящее время основным источником метеорологической информации являются наблюдения за погодой, проводимые на метеорологических станциях и постах. Получаемые данные не позволяют определить метеорологические условия вне зоны наземных наблюдений. Это возможно осуществить путем проведения измерений с использованием метеорологических радиолокационных станций (МРЛС). Получаемая с помощью них информация включает в себя определение зон облачности, осадков, опасных явлений погоды. С помощью МРЛС возможно получить такие метеохарактеристики, как радиолокационная отражаемость, водность метеообъектов и видимость в них.

Вместе с тем, естественная изменчивость атмосферных условий, стохастический характер облачных структур не дают возможность установить строгой математической зависимости между параметрами отраженного от метеоцели радиолокационного сигнала и такими важными метеохарактеристиками, как интенсивность осадков и водность облаков [2].

Поэтому целью работы является повышение качества информации об интенсивности осадков и водности облаков по данным радиолокационных измерений.

© Кузнецов И. Е., Булгин Д. В., 2021

1. Модель оценки зависимости интенсивности осадков и водности облаков от радиолокационной отражательной способности

Получить информацию об интенсивности осадков (W) и водности облаков (I) по данным радиолокационного зондирования атмосферы возможно основываясь на зависимости между радиолокационной отражательной способностью наблюдаемых метеорологических целей (Z) и величинами W, I, представленной формулами [2]:

$$Z = 64N \int_{r\min}^{r\max} r^6 f(r)dr \tag{1}$$

$$W = \frac{4}{3}\pi \cdot \rho \cdot N \int_{r\min}^{r\max} r^3 f(r)dr \tag{2}$$

$$I = \frac{4}{3}\pi \cdot \rho \cdot N \int_{r\min}^{r\max} r^3 V(r) f(r)dr \tag{3}$$

где N – концентрация капель в единичном объеме; ρ – плотность капель; r – радиус капель, f(r) – закон распределения капель по размерам, V(r) – скорость падения дождевых капель.

При этом, функциональную связь между величинами Z, W и I можно установить только тогда, когда известны законы распределения капель по размерам, а также скорости падения дождевых капель.

В общем виде спектры частиц в облаках и осадках можно описать гамма-распределением вида [3-4]:

$$f(r) = \frac{1}{\Gamma(\alpha+1)\beta^{\alpha+1}} r^{\alpha} \exp(-\frac{r}{\beta}) \tag{4}$$

где α и β – параметры распределения, связанные соотношением $r_{mod} = \alpha\beta$, r_{mod} – модальный радиус; $r_{ср} = \beta(\alpha+1)$, $r_{ср}$ – средний радиус частиц в облаках или осадках.

Зависимость скорости падения капли от ее размера в широком диапазоне можно аппроксимировать степенной зависимостью:

$$V(r) = C \cdot r^{\mu} \tag{5}$$

где C и μ – постоянные, определяемые эмпирическим путем.

Зная, что момент p-го порядка для гамма-распределения имеет вид:

$$M_p = \frac{\Gamma(\alpha+p+1)}{\Gamma(\alpha+1)}\beta^p \tag{6}$$

на основании формул 1-3 можно получить следующие выражения:

$$Z = 64 \cdot N \cdot M_6 = 64 \cdot N \cdot \frac{\Gamma(\alpha+7)}{\Gamma(\alpha+1)}\beta^6 \tag{7}$$

$$W = \frac{4}{3}\pi \cdot \rho \cdot N \cdot M_3 = \frac{4}{3}\pi \cdot \rho \cdot N \cdot \frac{\Gamma(\alpha+4)}{\Gamma(\alpha+1)}\beta^3 \tag{8}$$

$$I = \frac{4}{3}\pi \cdot \rho \cdot N \cdot C_2 \cdot M_{3+\mu} = \frac{4}{3}\pi \cdot \rho \cdot N \cdot C_2 \frac{\Gamma(\alpha+4+\mu)}{\Gamma(\alpha+1)}\beta^{3+\mu} \tag{9}$$

Исключая из уравнений 7-9 величину, получим:

$$Z = A_1 \cdot I^{B_1} \tag{10}$$

$$Z = A_2 \cdot W^{B_2} \tag{11}$$

где $A_1 = C_1 \cdot \phi_1(\alpha) \cdot N^{\frac{\mu-3}{\mu+3}}$, $A_2 = \phi_2(\alpha) \cdot N^{-1}$ – коэффициенты, зависящие от микроструктуры облаков, $B_1 = \frac{6}{3+\mu}$ – коэффициент, зависящий от скорости падения частиц, $\phi_1(\alpha) = \left[\frac{\Gamma(\alpha+7)}{\Gamma(\alpha+1)}\right] \cdot \left[\frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(\alpha+4+\mu)}\right]^{B_1}$,

$\phi_2(\alpha) = K \cdot \left[\frac{\Gamma(\alpha+7) \cdot \Gamma(\alpha+1)}{(\Gamma(\alpha+4))^2}\right]$, $\Gamma(n) = (n-1)!$, $B_2 = 2$, C1, K – постоянные величины.

Как видно из формул 10 и 11 параметры A1 и A2 зависят от микроструктуры облаков и осадков.

Известно, что возрастание интенсивности осадков и водности облаков обычно сопровождается увеличением концентрации и ростом среднего размера капель [3-4]. Поэтому между концентрацией капель, характерными размерами капель облаков и осадков, интенсивностью осадков и водностью облаков существует зависимость.

Если положить, что $N \approx I^{\nu_1}$, $\phi_1(\alpha) \approx I^{\nu_2}$, $\phi_2(\alpha) \approx W^{\nu_3}$, $N \approx W^{\nu_4}$, то уравнения 10 и 11 можно переписать в виде:

$$Z = const \cdot I^{B_1} \tag{12}$$

$$Z = const \cdot W^{B_2} \tag{13}$$

где $B_1 = \frac{6}{3+\mu} + \nu_2 + \left(\frac{\mu-3}{\mu+3}\right)\cdot\nu_1$, $B_2 = 2 + \nu_3 - \nu_4$, ν_1 , ν_2 , ν_3 , ν_4 – степенные параметры, связывающие интенсивность осадков, водность облаков, концентрацию капель в облаках, скорость их падения и размеры.

Анализ спектров размеров капель облаков и осадков указывает на их большую изменчивость. Кроме того, отсутствие надежных данных о характере изменения микроструктуры облаков и осадков не дает возможности судить о реальных значениях таких параметров, как ν_1 , ν_2 , ν_3 , ν_4, и тем самым о показателях B_1 и B_2, поэтому на практике используют эмпирические формулы:

$$Z = A \cdot I^B \tag{14}$$

$$Z = A_0 \cdot W^{B_0} \tag{15}$$

где Z – радиолокационная отражаемость, мм^6/м^3, W – водность облаков, г/м^3, I – интенсивность осадков, мм/ч.

2. Результаты исследования

На основе формул 14 и 15 были получены эмпирические зависимости интенсивности осадков и водности облаков от радиолокационной отражаемости измеренной на первом уровне высоты (1 км), представленные в таблицах 1 и 2.

Зависимость радиолокационной отражательной способности от водности облаков и интенсивности осадков позволяет проводить обнаружение и локализацию (определение местоположения) зон обледенения, а также его интенсивность и видимость в осадках.

При использовании радиолокационных методов измерения интенсивности осадков и водности облаков следует учитывать, что радиолокационная станция определяет среднюю интенсивность осадков и водность облаков в пределах импульсного объема, размеры которого по мере удаления могут быть весьма значительными.

Важнейшее преимущество радиолокационного метода состоит в том, что обеспечивается одновременное дистанционное измерение количества и интенсивности осадков на больших площадях в радиусе 100 – 150 км, а получаемая метеорологическая информация отличаются непрерывностью в пространстве и во времени, высокой оперативностью и всепогодностью.

Недостатком является то, что данный метод является косвенным, так как интенсивность осадков и водность облаков сложным образом

определяются по измеренной величине мощности отраженных сигналов.

Таблица 1

Эмпирические зависимости интенсивности осадков от радиолокационной отражаемости

Слабые (0,25-1 мм/час)	Снег	$I = e^{0,25 \ln \frac{Z}{500}}$
	Дождь	$I = e^{0,636 \ln \frac{Z}{250}}$
	Мокрый снег	$I = e^{0,5 \ln \frac{Z}{1000}}$
Умеренные (1-4 мм/час)	Снег	$I = e^{0,5 \ln \frac{Z}{540}}$
	Дождь	$I = e^{0,588 \ln \frac{Z}{303}}$
	Мокрый снег	$I = e^{0,5 \ln \frac{Z}{1500}}$
Сильные (4-15 мм/час)	Снег	$I = e^{0,5 \ln \frac{Z}{1000}}$
	Дождь	$I = e^{0,671 \ln \frac{Z}{405}}$
	Мокрый снег	$I = e^{0,5 \ln \frac{Z}{2000}}$
Очень сильные (15-100 мм/час)	Снег	$I = e^{0,5561 \ln \frac{Z}{2150}}$
	Дождь	$I = e^{0,623 \ln \frac{Z}{289}}$
	Мокрый снег	$I = e^{0,5 \ln \frac{Z}{2500}}$

Таблица 2

Эмпирические зависимости водности облаков от радиолокационной отражаемости

Кучево-дождевые облака	С градом	$W = e^{0{,}935 \cdot \ln \frac{Z}{1{,}4 \cdot 10^6}}$
	С грозой	$W = e^{0{,}549 \cdot \ln \frac{Z}{2{,}4 \cdot 10^4}}$
	С ливнем	$W = e^{0{,}709 \cdot \ln \frac{Z}{31{,}5}}$
Слоисто-дождевые облака		$W = e^{0{,}935 \cdot \ln \frac{Z}{1380}}$
Мощно-кучевые, кучевые облака		$W = e^{0{,}685 \cdot \ln \frac{Z}{16{,}3}}$
Слоистые облака		$W = e^{0{,}5 \cdot \ln \frac{Z}{0{,}048}}$
Фазовое состояние осадков	Дождь	$W = e^{0{,}549 \cdot \ln \frac{Z}{5{,}3 \cdot 10^3}}$
	Снег	$W = e^{0{,}455 \cdot \ln \frac{Z}{3{,}5 \cdot 10^4}}$

Заключение

Таким образом, представленная в работе методика оценки водности облаков и интенсивности осадков по данным дистанционных измерений позволит повысить качество информации о рассматриваемых метеорологических параметрах в районах со слаборазвитой системой метеорологических наблюдений и может быть использована в автоматизированных системах управления.

Применение данной методики позволит эффективно осуществлять поддержку принятия метеозависимых решений при метеорологическом обеспечении выполнения различных задач как при обеспечении авиации, так и в народном хозяйстве.

Список литературы

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л. : Гидрометеоиздат, 1991. – 616 с.

2. Билетов М.В., Тищенко А.И., Кузнецов ИЕ. Радиолокационная метеорология. Часть 1. Основы радиолокационной метеорологии. М. : Воениздат, 2008. – 332 с.

3. Скирда И. А., Ульшин И.И., Мартьяшкин А.Б. Авиационные прогнозы погоды. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 475 с.

4. Билетов М. В., Кузнецов И. Е. Дистанционные методы получения информации о состоянии атмосферы. Монография. – Воронеж : ВВАИУ, 2011. 257 с.

Алгоритм решения задачи оптимального перераспределения пластовой добычи газа

Н. М. Курбонов, email: nozim_kurbonov@mail.ru

Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при ТУИТ

Аннотация. *В статье предложен алгоритм решения задачи оптимального перераспределения пластовой добычи газа с учётом технологических ограничений в зависимости от различных стадий разработки месторождения. Приведены этапы реализации предложенного алгоритма на ЭВМ.*

Ключевые слова: *математическая модель, численный алгоритм, скважина, дебит, фильтрация, газ, нефть, вода*

Введение

Процесс перераспределения добычи нефти и газа по своей сути является многокритериальной задачей. Практика нефтегазодобычи показала, что для её решения необходимо наличие таких данных как: эксплуатационные характеристики по каждой отдельной скважине, тенденции их изменения по времени в зоне дренирования каждой отдельной скважины и в целом по залежи, а также информация по технологическим ограничениям на режимы эксплуатации скважин и месторождению в целом [1-7].

1. Постановка задачи

Рассмотрим задачу единой системы «Пласт-скважина» [5-7] для разработки нефтяных и газовых месторождений с учетом динамики перераспределения давлений в нефти и газе. Системы эксплуатационных и нагнетательных скважин и сам продуктивный пласт взаимосвязаны, составляя единую гидродинамическую систему. Изменение состояния системы «скважин» влияет на перераспределение давления в пласте. Предположим, что месторождение разрабатывается системой эксплуатационных (общее количество, которых $N(t)$ и нагнетательных скважин (общее количество $M(t)$). Скважины расположены параллельно-прямолинейно. Дебиты скважин $q_{O,i}(t)$ $(i = I, N)$ и $q_{з,i(t)}$ $(i = I, M)$ одного ряда одинаковы. Это предположение позволяет при моделировании состояния системы “пласт” рассматривать

© Курбонов Н. М., 2021

их как галереи, расположенные вдоль прямой линии. Таким образом, определяется дебит и расход жидкости, соответствующей группы скважин.

Время разработки делится на периоды $T_0 \le t \le T_1$, $T_1 \le t \le T_2$,…, $T_{k-1} \le t \le T_k$. Критерием оптимальности перераспределение добычи (с учетом закачки воды) является минимум затрат, т. е.

$$F(q_{O,1}, q_{O,2}, \ldots, q_{O,N}, q_{з,1}, q_{з,2} \ldots, q_{з,N}) = \\ = \sum_{i=1}^{N} \varphi(q_{O,i}) + \sum_{i=1}^{N} \phi(q_{з,i}) \Rightarrow \min. \qquad (1)$$

При этом необходимо выполнить плановую добычу, т.е. должны выполняться условия:

$$\sum_{i=1}^{N} q_{O,i}(t_j) = Q_p(t_j), \ \sum_{i=1}^{N} q_{з,i}(t_j) = Q_з(t_j), \ j = 1,2,3,\ldots K. \qquad (2)$$

Предполагается, что в каждом периоде разработки $Q_{p,j}(t)$ и $Q_{з,j}(t)$ известны.

На добываемое и закачиваемое количество жидкости одного ряда скважин ставятся технологические условия:

$$\begin{cases} q_{O,i}^{\min} \le q_{O,i} \le q_{O,i}^{\max}, \\ q_{з,i}^{\min} < q_{з,i} < q_{з,i}^{\max}, \end{cases}$$

где $q_{O,i}^{\min}, q_{O,i}^{\max}$ и $q_{з,i}^{\min}, q_{з,i}^{\max}$ – минимально допустимые и максимально возможные значения переменных $q_{o,i}$ и $q_{з,i}$.

Критерием оптимизации в рассматриваемом случае является минимум затрат на добычу по месторождению. Задача оптимизации представляется в следующем виде. Требуется минимизировать функционал

$$\phi(\vec{q}) = \sum_{\nu=1}^{n} \varphi_\nu(q_\nu) \to \min \qquad (3)$$

при условиях

$$\sum_{\nu=1}^{n} q_\nu = Q_\text{р}, \ q_\nu^{\min} \le q_\nu \le q_\nu^{\max}. \qquad (4)$$

Здесь $q_\nu^{\min}$, $q_\nu^{\max}$ – минимально допустимое и максимально возможное значения переменных q_ν; $\varphi_\nu(q_\nu)$ – функция, характеризующая затраты на добычу газа по ν-й скважине;

$$q_\nu = \frac{\frac{A_i}{e^{2S}i} + \sqrt{\left(\frac{A_i}{e^{2S}i}\right)^2 + \frac{B_i + \theta_{ci}}{e^{2S}i} + \theta_{mi} + \theta_{ri}\left(\frac{P_{ПЛi}}{e^{2S}i} - P_{СП}\right)}}{2\left(\frac{B_i + \theta_{ci}}{e^{2S}i} + \theta_{mi} + \theta_{ri}\right)}, \qquad (5)$$

где

$$S_i = \frac{0,03415\overline{\rho}L_i}{T_{cp}z_{cp}},\ z_{cp} = f(P_{cp}, T_{cp}).$$

Математическая постановка задачи состоит в следующем – максимизировать давление на входе в сборный пункт (СП) $\max P_{\text{сп}}$ при следующих условиях

$$\frac{1}{e^{\text{S}i}}\sqrt{P_{nli}^2 - A_i q_i - \left(B_i + \theta_{\text{c}i} + \theta_{\text{m}i}e^{2\text{S}i} + \theta_{\text{r}i}e^{2\text{S}i}\right)q_i^2} = P_{cni}, \qquad (6)$$

где $i = 1, 2, ..., n$ – номера скважин,

$$\sum_{i=1}^{n} q_i = Q_{\text{p}}, \qquad (7)$$

$$P_{\text{p, min}} \le P_{\text{c}} \le P_{\text{c, max}} \qquad (8)$$

$$q_{i\text{o}} \le q_i \le q_{\text{k},i}. \qquad (9)$$

При решении этой задачи будут определены такие дебиты скважин, при которых давление на входном коллекторе $P_{\text{сп}}$ достигнет максимума.

2. Метод решения

Алгоритм проведения вычислительного эксперимента состоит из следующих этапов:

Шаг 1. Ввод исходных данных.

Шаг 2. Проверка условия: не превышает ли план добычи газа максимально допустимый отбор. Если да, то напечатать «План завышен» и перейти к шагу 17, если нет – перейти к следующему шагу.

Шаг 3. Определение дебитов скважин:

а) значения $\theta_{\text{ш}i}$ полагаются равными 0;

б) по формуле (2) при $q = q_{\text{o c}}$ определяются давления P_{c};

в) по формуле $P_{\text{с}} = \min\{P_{\text{с}}\}$ определяется начальное давление на входе в СП;

г) по формуле (1) рассчитываются дебиты q_i;

д) определяется расчётная производительность СП $Q_{\text{р}} = \sum_{i=1}^{n} \overline{q}_i$;

е) определяется поправочный коэффициент α, $\alpha = Q_{\text{п}} / Q_{\text{р}}$;

ж) рассчитываются дебиты скважин $q_i = \alpha \overline{q}_i$.

Шаг 4. Параметру цикла i присваивается начальное значение $i = 1$.

Шаг 5. Проверяется условие: не превышает ли очередной дебит критического значения. Если да, то перейти к шагу 8, если нет – к следующему шагу.

Шаг 6. Проверяется условие: все ли дебиты удовлетворяют условию $q_{i0} \le q_i \le q_{\text{к},i}$. Если да, то перейти к шагу 11, если нет – к следующему шагу.

Шаг 7. Параметр цикла настраивается на следующую скважину: $i = i + 1$. Перейти к шагу 8.

Шаг 8. Определяется разность Δ между дебитом q_i и критическим значением дебита $q_{\text{к},i}$, уменьшенным на заранее заданное число k, обеспечивающее вход в область допустимых значений $\Delta = q_i - \left(q_{\text{к},i} - k\right)$. После определения Δ дебит принимается равным $q_i = \left(q_{kpi} - k\right)$.

Шаг 9. Определение нового значения поправочного коэффициента $x = \alpha = Q_{\text{р}} / \left(Q_{\text{п}} - \Delta\right)$.

Шаг 10. По формуле $q_i = x\overline{q}_i$, $i = 1, 2, ..., n$ рассчитываются новые значения дебитов. Перейти к шагу 4.

Шаг 11. Расчёт $P_{\text{с}}$ по формуле (2).

Шаг 12. Проверяется условие: не снизилось ли давление на входе в СП ниже минимально допустимого $P_{\text{с}} < P_{\text{с, min}}$. Если да, то обеспечить план добычи газа без ввода дожимной компрессорной станции (ДКС) невозможно. В этом случае печатать «План завышен» и перейти к шагу 17, иначе – к следующему шагу.

Шаг 13. Проверяется условие: не превышает ли давление $P_{\text{с}}$ максимально возможного $P_{\text{с}} > P_{\text{с max}}$. Если да, то перейти к шагу 14, если нет – к шагу 15.

Шаг 14. Давление $P_{\text{с}}$ принимается равным максимально допустимому $P_{\text{с}} = P_{\text{с max}}$.

Шаг 15. Рассчитать давление $P_{\text{з},i}$, $P_{\text{у}i}$, $P_{\text{ш},i}$ по формулам

$$P^2_{\text{п},i} - P^2_{\text{з},i} = A_i q_i + B_i q_i^2,\ P^2_{\text{у},i} - P^2_{\text{ш},i} = \theta_{\text{ш},i} q_i^2,\ P^2_{\text{ш},i} - P^2_{\text{с},i} = \theta_{\text{r},i} q_i^2.$$

Шаг 16. Вывести на печать: q_i, $P_{\text{з},i}$, P_{yi}, $P_{\text{ш},i}$, $P_{\text{с}}$.

Шаг 17. Вывод: занесение результатов в базу данных; формирование выходных форм.

Для прогнозирования изменения технологического режима скважин и объекта в целом по времени (на перспективу) в алгоритм вводится темп падения пластового давления в зависимости от суммарных отборов по каждой отдельной скважине $P_{\text{п},i} / z = f(\sum q_i)$ и рассчитываются режимные параметры на любой момент эксплуатации залежи (шаг 16).

Заключение

Предложенный алгоритм позволяет надёжно определять технологические режимы каждой скважины с учётом добывных возможностей месторождения и на каждом определённом отрезке времени корректировать отбор газа из одного или группы месторождений.

Список литературы

1. Ravshanov, N. An Approximate Analytical Solution of the Problem of Fluid Filtration in the Multilayer Porous Medium / N. Ravshanov, N. Kurbonov, A. Mukhamadiev // International Journal of Computational Methods. – 2016. – Vol. 13, № 6. – P. 1-10. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1142/S0219876216500420

2. Kurbonov, N. Numerical Modeling of the Filtration Process During Oil Displacement by Gas / N. Kurbonov, K. Ibragimova // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2020. – Vol. 9, Issue 5. – P. 8526-8532. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.30534/ijatcse/2020/232952020

3. Kurbonov, N. Computer modeling of filtration processes with piston extrusion / N. Kurbonov, S. Aminov // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1441. – P. 1-9. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1441/1/012147

4. Равшанов, Н. Компьютерное моделирование процесса фильтрации флюидов в пористых средах / Н. Равшанов, Н. М. Курбонов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия:

Вычислительная математика и информатика. – 2015. – Т. 4, № 2. – С. 89-106. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.14529/cmse150207

5. Курбонов, Н. М. Алгоритм оптимальной добычи газа из пластовых систем / Н. М. Курбонов // Отраслевые аспекты технических наук. – Москва : Изд-во ИНГН, 2013. – № 10(34). – С.15-19.

6. Садуллаев, Р. Математическая постановка задачи и вопросы реализации алгоритмов решения единой технологической системы «Пласт-скважина» / Р. Садуллаев, М. Р. Садуллаев, Д. Д. Ахмедов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2009. – Вып. 13. – С. 108-114.

7. Садуллаев, Р. Перспективы развития теории алгоритмов функционирования и оптимизации систем с переменными параметрами и их разработки / Р. Садуллаев, У. С. Назаров // Вопросы кибернетики : сб. науч. тр. – Ташкент, 2003. – Вып. 165. – С. 145-59.

Математическое моделирование процессов совместной фильтрации жидкостей и газа в пористой среде

Н. М. Курбонов, email: nozim_kurbonov@mail.ru

Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при ТУИТ

Аннотация. *В работе приведены математическая модель и результаты вычислительных экспериментов на ЭВМ для исследования процессов совместной фильтрации жидкости и газа в пористой среде. Результаты проведенных вычислительных экспериментов на ЭВМ представлены в виде графических объектов.*

Ключевые слова: *математическая модель, численный алгоритм, вычислительный эксперимент, фильтрация, жидкость, нефть, газ, пористая среда.*

Введение

Роль энергетических ресурсов сегодня крайне важна, так как они влияют на активное развитие страны и стимулируют экономику в целом. Одними из основных источников энергии являются нефть и газ. Развитие промышленного и сельскохозяйственного производства невозможно без использования данных ресурсов.

Обеспечение потребности реального сектора экономики в энергетических ресурсах требует интенсификации проектирования разработки и ввода в действие новых нефтяных и газовых месторождений, что будет способствовать наиболее полному извлечению продуктов из старых залежей. И в данной связи можно отметить, что эффективная эксплуатация нефте- и газовых месторождений опирается на разработку и применение математических моделей, эффективных численных алгоритмов и программно-инструментального обеспечения.

В данном направлении работают многочисленные исследователи, которыми уже получены значительные результаты практического и теоретического характера.

1. Постановка задачи

Для разработки и проектирования нефтегазовых месторождений и определения основных параметров их значений, необходимо рассмотреть совместную фильтрацию нефти, воды и газа в пористой

© Курбонов Н. М., 2021

среде, которая описывается следующей системой нелинейных дифференциальных уравнений [4,5]

$$\begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial x}(\mathrm{K}_{\Gamma}\dfrac{\partial P}{\partial x})+\dfrac{\partial}{\partial y}(K_{\Gamma}\dfrac{\partial P}{\partial y})=\dfrac{\partial}{\partial t}(PS_{\Gamma})+B\dfrac{\partial}{\partial t}(S_{\mathrm{H}}+B_{\mathrm{BH}}S_{\mathrm{B}}) \\ \dfrac{\partial}{\partial x}(K_{\mathrm{H}}\dfrac{\partial P}{\partial x})+\dfrac{\partial}{\partial y}(K_{\mathrm{H}}\dfrac{\partial P}{\partial y})=B\dfrac{\partial S_{\mathrm{H}}}{\partial t} \\ \dfrac{\partial}{\partial x}(K_{\mathrm{B}}\dfrac{\partial P}{\partial x})+\dfrac{\partial}{\partial y}(K_{\mathrm{B}}\dfrac{\partial P}{\partial y})=\dfrac{\mu_{\mathrm{B}}}{\mu_{\Gamma}}B\dfrac{\partial S_{\mathrm{B}}}{\partial t} \\ S_{\mathrm{H}}+S_{\mathrm{B}}+S_{\Gamma}=1 \end{cases}$$

со следующими начальными

$$P(x,y,0)=P^{0}(x,y),\ S_{\text{н}}(x,y,0)=S_{\mathrm{H}}^{0}(x,y),$$

$$S_{\text{в}}(x,y,0)=S_{\text{в}}^{0}(x,y),\ \ S_{\text{г}}(x,y,0)=S_{\text{г}}^{0}(x,y)\ ,\ (x,y)\in G,$$

граничными и внутренними условиями

$$\alpha\frac{\partial P}{\partial n}+\beta(P-P_{K})=0,\quad x,y\in\Gamma,$$

$$2\pi b_i R_{cj}\oint_{\sigma}K\frac{\partial P}{\partial n}d\sigma=q_{j},\ \ j=\overline{1,n},$$

где $K=K_{\text{н}}+A_{\text{гн}}K_{\text{г}}P+A_{\text{вн}}K_{\text{в}}$,

$$A_{\text{тн}}=\frac{P_{\text{н}}\mu_{\text{н}}}{\rho_{\text{н}}RZT\mu_{\text{г}}},\ A_{\text{вн}}=\frac{\rho_{\text{в}}\mu_{\text{н}}}{\rho_{\text{н}}\mu_{\text{в}}},\ B=\frac{\rho_{\text{н}}RZT}{P_{\text{н}}},\ B_{\text{вн}}=\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{н}}}.$$

Искомая функция ищется в области изменения

$$\Omega=\{0\le x\le 1\}\cup\{0\le y\le 1\}\cup\{0\le t\le T\}\ ,\ t=\frac{\rho_{\text{н}}KRZT}{m\mu_{\text{н}}L^{2}}\tau\ .$$

Предполагается, что в каждом периоде разработки $Q_{p,j}(t)$ и $Q_{з,j}(t)$ известны.

Здесь $K_{\text{н}}$, $K_{\text{г}}$, $K_{\text{в}}$ и $\mu_{\text{н}}$, $\mu_{\text{г}}$, $\mu_{\text{в}}$ – соответственно фазовые проницаемости и вязкости нефти, газа и воды; P – давление; $S_{\text{н}}$, $S_{\text{г}}$, $S_{\text{в}}$ – насыщенности породы нефтью и газом и водой; m – пористость; K – абсолютная проницаемости породы; σ – контур скважины; Γ - граница пласта; P_{K} - давление на границе пласта; $P^{0}(x,y)$, $S_{\text{н}}^{0}(x,y)$, $S_{\text{г}}^{0}(x,y)$, $S_{\text{в}}^{0}(x,y)$ – соответственно начальные распределения давления,

нефтенасыщенности и газонасыщенности; n – число скважин; $\rho_г$, $\rho_н$, $\rho_в$ – соответственно плотность газа, нефти и воды; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура; Z – сжимаемость газа; $P_н$ – начальное пластовое давление.

Относительные фазовые проницаемости являются функцией двух насыщенностей $K_н(S_н, S_г)$, $K_г(S_н, S_г)$, $K_в(S_н, S_г)$ и определяются на основе истории разработки или обработкой результатов эксперимента.

2. Метод решения и обсуждение результатов

Для аппроксимации краевой задачи введем пространственную и временную сетки. Для решения задачи применяем схему продольно-поперечных направлений и получем системы уравнений в конечных разностях для внутренних узлов дискретной области фильтрации на прямых, которые решаются методом прогонки [1-9]. Так как задача нелинейная, то для решения используем итерационный метод [1-9].

На основе указанного алгоритма было разработано программное обеспечение.

Функциональные свойства программы включают в себя следующее: Построение области добычи углеводородов на месторождении в заданной и произвольной форме; Определение перераспределение давлений нефти и газа на месторождении по суткам; Определение насыщенности породы нефтью и газом; визуализация и анализа полученных результатов.

Программа состоит из следующих блоков: управляющий модуль; модуль ввода данных; модуль создания информационного массива; модуль справочных сведений; вычислительный блок; модуль сохранения и записи результатов и блок для визуализация и анализа результатов проведенных численных расчетов.

Управляющий модуль служит для управления всеми прочими модулями программы. После запуска программы на экране появляется окно приветствия. Нажатие кнопки «Вход» открывает основное окно вычислений. Данное окно содержит основные функциональные модули. Начальная инициализация параметров объекта выполняется программой автоматически путем чтения заранее подготовленных по формату файлов. Если у пользователя нет в распоряжении начальных файлов для инициализации параметров или пользователю требуется изменить данные, то необходимо отметить флажок «Выбрать данные для изменения». Таким образом, данные можно заполнить вручную.

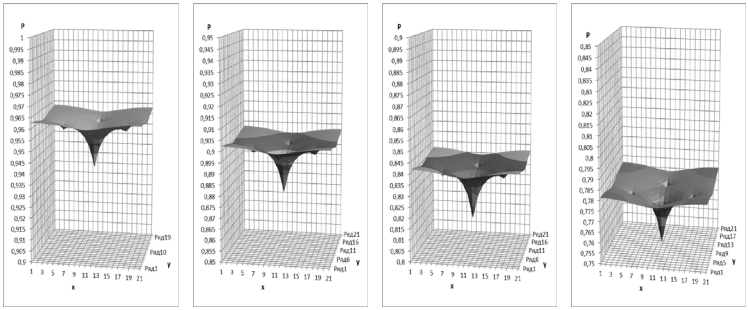
Кроме параметров пользователь может задавать форму области фильтрации. Предустановленный набор включает в себя формы круга,

эллипса и квадрата. Произвольная область формируется в виде информационного массива в файле, составленном по определенному формату. Для выбора формы области необходимо выбрать соответствующий пункт и нажать кнопку «Выбрать область». В случае произвольной области программа предложит выбрать соответствующий файл с описанием области. Форма области будет визуально отображена в окне программы.

После ввода всех требующихся данных для расчета нужно нажать кнопку «Вычисления». В процессе работы вычислительный модуль записывает файлы с результатами численных расчетов, причем создаются отдельные файлы, содержащие суточные значения полей давлений и насыщенностей и один интегрированный файл. Кроме того, результаты в форматированном виде экспортируются в программу Microsoft Excel в процессе работы модуля. По завершении расчета пользователь оповещается соответствующим сообщением программы.

Кнопка «Построить диаграммы» служит для создания трехмерных графиков в созданном файле Microsoft Excel.

С помощью разработанного программного обеспечение были проведены расчёты на ЭВМ.



а – при $\tau = 132$ *с.; б – при* $\tau = 332$ *с.; в – при* $\tau = 532$ *с.; г – при* $\tau = 732$ *ст.*

Рис. 1. Трехмерная визуализация перераспределения давления нефти в пласте по времени (область – квадрат)

Расчеты проводились для следующих исходных данных: количество скважин $nq = 5$; шаг по времени $dt = 4$ сут.; конечное время вычисления $tcon = 730$ сут.; протяжённость пласта по x и y $L_x = 10$ км и $L_y = 10$ км соответственно; мощность пласта $b = 20$ м; пористость пласта $m = 0,2$. Остальные параметры принимают следующие значения:

$k = 0{,}1$ Дарси, $\mu_н = 3$ сП; $\mu_г = 0{,}1$ сП; $\mu_в = 1$ сП; $P_н = 300$ ат; $\rho_н = 0{,}87$ кг/м3; $\rho_г = 0{,}8$ кг/м3; $\rho_в = 0{,}7$ кг/м3; $R = 8{,}31$ Дж/(моль K); $T = 273\,K$; $Z = 1$; $\varepsilon = 0{,}0001$.

Из рис.1 следует, что давление нефти вокруг скважины плавно уменьшается при постоянном коэффициенте фильтрации, и уменьшение давления распространяется в рассматриваемой области с течением времени.

Заключение

Разработанные математическая модель, вычислительный алгоритм и программное средство могут быть использованы для анализа функционирования, оперативного управления и прогнозирования разработки нефтегазовых месторождений при различных условиях воздействия на пласт и принятия конкретных практических рекомендаций.

Список литературы

1. Ravshanov, N. An Approximate Analytical Solution of the Problem of Fluid Filtration in the Multilayer Porous Medium / N. Ravshanov, N. Kurbonov, A. Mukhamadiev // International Journal of Computational Methods. – 2016. – Vol. 13, № 6. – P. 1-10. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1142/S0219876216500420
2. Kurbonov, N. Numerical Modeling of the Filtration Process During Oil Displacement by Gas / N. Kurbonov, K. Ibragimova // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. – 2020. – Vol. 9, Issue 5. – P. 8526-8532. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.30534/ijatcse/2020/232952020
3. Kurbonov, N. Computer modeling of filtration processes with piston extrusion / N. Kurbonov, S. Aminov // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1441. – P. 1-9. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1441/1/012147
4. 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). – P. 1-7.
5. Курбонов, Н. М. Численное моделирование процесса фильтрации жидкостей и газа в пористой среде / Н. М. Курбонов, С. М. Аминов // Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж, 2019. – № 3(117). – С. 196-206.
6. Равшанов, Н. Компьютерное моделирование процесса фильтрации флюидов в пористых средах / Н. Равшанов, Н. М. Курбонов

// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2015. – Т. 4, № 2. – С. 89-106. – Режим доступа: http://dx.doi.org/10.14529/cmse150207

7. Курбонов, Н. М. Математическое моделирование задач многомерной трехфазной фильтрации / Н. М. Курбонов, К. А. Ибрагимова // Theoretical & Applied Science. – 2019. – № 12(80). – P. 435-440.

8. Равшанов, Н. Моделирование процесса фильтрации трехфазной смеси «нефть-газ-вода» в пористых средах / Н. Равшанов, Н. Курбонов // Технология материалов. – Москва: Изд-во ИНГН, 2013. – №. – С.3-13.

9. Kurbonov, N. M. Computer modeling of the process of oil and gas fields development / N. M. Kurbonov // Researches of technical sciences. – Moscow: INGN, 2015. – №2(16). – P. 20-26.

10. Kurbonov, N. M. Computer experiment to study of filtration oil, gas and water in a porous medium / N. M. Kurbonov, E. A. Saliev // Problems of computational and applied mathematics. – Tashkent, 2016. – № 1(3). – P. 13-22.

Методика оценки возможности передачи информации беспилотным летательным аппаратом малого класса по оптическому каналу на основе использования ретроотраженного управляющего лазерного излучения

О. В. Кусакин, email: kusakin_1984@mail.ru
А. Г. Петухов, email: st.st7@inbox.ru
Д. А. Дрынкин, email: dmitry.drynkin@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе представлены методика и модель оценки возможности передачи информации БЛА по оптическому каналу на основе использования ретроотраженного управляющего лазерного излучения. Приведены результаты компьютерного моделирования величины энергетических характеристик принимаемого ретроотраженного лазерного излучения.*

Ключевые слова: *ретроотраженное лазерное изучение, мощность лазерного излучения, беспилотный летательный аппарат, наземный пункт управления.*

Введение

В настоящее время современные средства РЭБ активно используют беспилотную авиацию для решения задач комплексной технической разведки (КТК) и радиоразведки. Анализ возможности применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) малого класса в интересах решения задач радиоразведки и выполнения мероприятий КТК показал, что с помощью БЛА малого класса могут быть осуществлены следующие виды контроля: фотографический, телевизионный, инфракрасный, радиолокационный, радиоконтроль и радиационный контроли [1].

Для осуществления данных видов контроля БЛА совершает полет по заданному маршруту в ручном или в программных режимах управления, осуществляет съемку объектов и передает полученные фото- и видеоизображения по каналам радиосвязи на наземный пункт управления (НПУ).

Однако в условиях сложной электромагнитной обстановки, при применении обеими противоборствующими сторонами РЭС различного назначения, возникают существенные затруднения при выполнении функциональных задач БЛА. Радиоканал управления и передачи данных

© Кусакин О. В., Петухов А. Г., Дрынкин Д. А., 2021

с БЛА малого класса будет функционировать с ненадлежащим качеством или его работа будет невозможна. Таким образом, традиционные каналы управления и передачи данных будут являться низкоэффективными [1].

Это обстоятельство обуславливает необходимость разработки альтернативных способов управления и передачи информации БЛА малого класса. Одним из возможных способов может являться управление и передача информации БЛА малого класса на основе использования оптического диапазона длин волн.

В работах [2, 3] предложен способ управления БЛА малого класса с использованием оптического диапазона длин волн. Однако вопрос передачи информации с БЛА на НПУ по оптическому каналу не рассматривался.

Поскольку возможности БЛА малого класса по переносу полезной нагрузки сильно ограничены и не позволяют дополнительно установить на него передающее устройство оптического диапазона с дополнительным источником питания, то для передачи информации с БЛА на НПУ предлагается использовать ретроотраженное от формирующей оптики БЛА управляющее лазерное излучение.

В связи с этим необходима разработка модели и методики оценки возможности передачи информации с БЛА на НПУ посредством применения ретроотраженного управляющего лазерного излучения.

Поэтому целью данной работы является разработка методики и модели, позволяющей оценить возможность передачи информации БЛА по оптическому каналу на основе использования ретроотраженного управляющего лазерного излучения.

1. Разработка методики оценки возможности передачи информации БЛА на НПУ с использованием ретроотраженного управляющего лазерного излучения

В основе оценки возможности передачи информации с БЛА на НПУ будем использовать оценку величины энергетических и пространственно-временных характеристик принимаемого НПУ ретроотраженного лазерного излучения.

Схема, реализующая предлагаемый способ, представлена на рис. 1.

Источник и приемник оптических сигналов входят в состав НПУ. На БЛА размещен зеркальный переотражатель, приемная и передающая формирующие оптические системы. Оператор осуществляет управление БЛА по азимуту и углу места путем перемещения в пространстве диаграммы направленности управляющего лазерного излучения. Падающее на БЛА лазерное излучение отражается от оптической системы БЛА и принимается приемной системой НПУ.

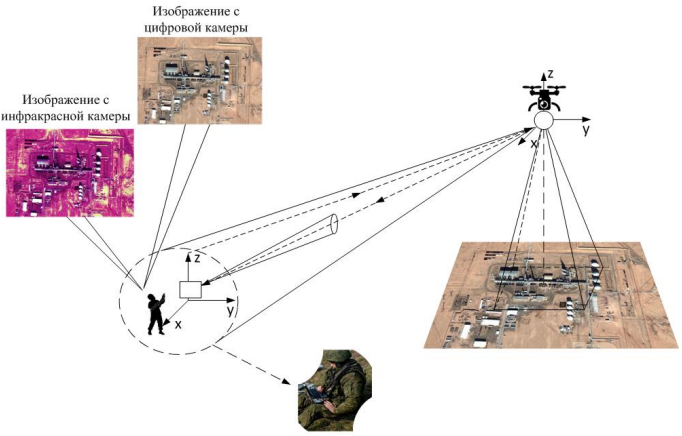


Рис. 1. Способ управления и передачи информации БЛА по оптическому каналу

При построении математической модели для типового случая геометрии распространения лазерного излучения (рис. 2) запишем мощность сигнала, попадающего на вход отражателей БЛА:

$$P_{\text{пад}}(t, L) = \frac{P_{\text{изл}}(t)}{w_{\text{изл}}} \frac{S_{\sum \text{бла}}}{L^2(t)} T_{\text{атм}} K_{\text{опт.бла}}, \qquad (1)$$

где $P_{\text{изл}}$ – мощность, излучаемая передатчиком НПУ [Вт]; $w_{\text{изл}}$ – величина телесного угла расходимости излучения [ср]; $S_{\sum \text{бла}}$ – площадь отражающих апертур БЛА [м^2]; $L(t)$ – расстояние между НПУ и БЛА в момент времени t [м]; $T_{\text{атм}}$ – коэффициент пропускания атмосферы; $K_{\text{опт.бла}}$ – коэффициент пропускания оптической системы БЛА.

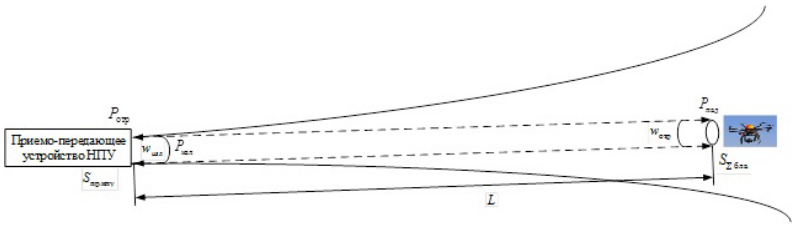


Рис. 2. Геометрия распространения лазерного излучения

Тогда отраженный от оптической системы БЛА и попадающий на вход приемника НПУ сигнал будет обладать мощностью:

$$P_{\text{отр}}(t, L) = P_{\text{пад}}(t, L) T_{\text{атм}} \frac{S_{\text{пр.нпу}}}{L^2} K_{\text{опт.нпу}} \frac{r_{\text{отр}}}{w_{\text{отр}}}, \qquad (2)$$

где $S_{\text{пр.нпу}}$ – площадь апертуры приемника НПУ [м^2]; $K_{\text{опт.нпу}}$ – коэффициент ослабления оптической системы приемника НПУ; $r_{\text{отр}}$ – коэффициент отражения излучения от оптической системы БЛА; $w_{\text{отр}}$ – величина телесного угла расходимости отраженного от формирующей оптики БЛА излучения в направлении приемной апертуры НПУ [ср].

Подставив выражение (1) в уравнение (2) получим выражение для определения мощности принимаемого НПУ ретроотраженного от формирующей оптики БЛА оптического сигнала:

$$P_{\text{отр}}(t, L) = \frac{P_{\text{изл}}(t)}{w_{\text{изл}}} \frac{S_{\sum \text{бла}} S_{\text{пр.нпу}}}{L^4} T_{\text{атм}}{}^2 K_{\text{опт.бла}} K_{\text{опт.нпу}} \frac{r_{\text{отр}}}{w_{\text{отр}}}. \qquad (3)$$

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.

В работе [4] 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. Поэтому величина телесного угла расходимости излучения $w_{\text{изл}}$, входящая в выражение (3) должна определяться требуемой шириной диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, полученной в результате имитационного моделирования $w_{\text{им}}$, т. е. $w_{\text{изл}} = w_{\text{им}}$.

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.

Коэффициент пропускания атмосферы $T_{\text{атм}}$ будет определяться выражением [5]:

$$T_{\text{атм}} = e^{-\alpha_{\Sigma} L}, \tag{4}$$

где $\alpha_{\sum}$ – коэффициент ослабления излучения в атмосфере [1/м]; L – расстояние между НПУ и БЛА [м].

Электромагнитные волны видимого и инфракрасного диапазонов ослабляются при распространении в земной атмосфере за счет поглощения газовыми компонентами и за счет рассеяния. т.е. коэффициент ослабления атмосферы будет определяться выражением:

$$\alpha_{\sum} = \alpha_{\text{погл}} + \alpha_{\text{рас}}, \tag{5}$$

где $\alpha_{\text{погл}}$ – коэффициент поглощения газовыми компонентами атмосферы, $\alpha_{\text{рас}}$ – коэффициент рассеяния атмосферы.

Коэффициент рассеяния $\alpha_{\text{рас}}$ можно определить с помощью метеорологической дальности видимости (МДВ) l [5]. Для чистой атмосферы (МДВ > 10 км)

$$\alpha_{\text{рас}} = \frac{3.91}{l}\left(\frac{\lambda}{0.55}\right)^{-n}, \quad n = 0.585\, l^{(1/3)} \tag{6}$$

где l – метеорологическая дальность видимости [км]; λ – длина волны лазерного излучения.

Коэффициент поглощения согласно [6] определяется выражением:

$$\alpha_{\text{погл}} = \bar{\alpha}(\lambda)\delta(h) \tag{7}$$

где $\bar{\alpha}(\lambda)$ – показатель поглощения парами воды на 1 мм осажденного слоя [мм$^{-1}$]; $\delta(h)$ – толщина осажденного слоя на трассе 1 км, определяемая формулой:

$$\delta(h) = \frac{2.167 \times 10^4}{273 + t} \bar{\omega} p_{H_2O} e^{-0.515h}, \tag{8}$$

где t – температура воздуха [^{0}C]; $\bar{\omega}$ – относительная влажность воздуха [%]; p_{H_2O} – упругость насыщающих паров [МПа]; h – высота [км].

Таким образом, выражение (3), определяющее мощность принимаемого НПУ ретроотраженного от формирующей оптики БЛА оптического сигнала, с учетом выражений (4) – (8) примет вид:

$$P_{\text{отр}}(t, L) = \frac{P_{\text{изл}}(t)}{w_{\text{изл.им}}} \frac{S_{\sum \text{бла}} S_{\text{пр.нпу}}}{L^4} e^{-2\alpha_{\sum} L} K_{\text{опт.бла}} K_{\text{опт.нпу}} \frac{r_{\text{отр}}}{w_{\text{отр}}}, \quad (9)$$

где

$$\alpha_{\sum} = \frac{3.91}{l}\left(\frac{\lambda}{0.55}\right)^{-0.585\, l^{1/3}} + \overline{\alpha}(\lambda)\frac{2.167 \cdot 10^4}{273 + t}\overline{\omega} p_{H_2O} e^{-0.515h}. \quad (10)$$

Как видно полученное выражение (9) устанавливает количественную взаимосвязь между мощностью сигнала излучаемого лазерным передатчиком НПУ и мощностью принимаемого ретроотраженного сигнала, учитывает пространственные характеристики канала распространения, апертуры формирующих оптических элементов и ослабление излучений.

2. Компьютерное моделирование оценки величины ретроотраженного лазерного излучения

Исходные данные, при которых производилось моделирование: расстояние между НПУ и БЛА L =1000 м; коэффициент ослабления атмосферы $\alpha_{\sum}$=0,18·10^{-3} (1/м); длина волны излучения λ=0,905 мкм; мощность в импульсе $P_{\text{имп}}$=34 Вт; длительность импульса $\tau_{имп}$ = 1 мксек; энергия в импульсе $E_{\text{имп}}$ = 0,034 мДж.; величина телесного угла расходимости излучения $w_{\text{изл.им}}$ =5.753 ·10^{-3} Ср.; площадь отражающих апертур БЛА $S_{\sum \text{бла}}$ =5 ·10^{-4} [м^2]; площадь апертуры приемника НПУ $S_{\text{пр.нпу}}$=5 ·10^{-3} [м^2]; коэффициенты ослабления оптической системы приемника БЛА и НПУ $K_{\text{опт.бла}}$ и $K_{\text{опт.нпу}}$ =0.9; коэффициент отражения излучения от зеркального переотражателя, установленного на БЛА $r_{\text{отр}}$=0.92; величина телесного угла расходимости отраженного от формирующей оптики БЛА излучения в направлении приемной апертуры НПУ $w_{\text{отр}}$ = 1.01 ·10^{-8} Ср.

Так для приведенных исходных данных отраженная мощность принимаемого лазерного излучения, полученная в результате моделирования, имеет значение 7.6·10^{-7} Вт, энергия принимаемого излучения 7.6·10^{-13} Дж.

Современные средства детектирования лазерного излучения обладают очень высокой чувствительностью и позволяют принимать мощности излучения на уровне 5 нВт [7], что позволяет сделать вывод о практической возможности передачи информации беспилотным летательным аппаратом малого класса по оптическому каналу на основе использования ретроотраженного управляющего лазерного излучения.

Заключение

Таким образом, была разработана методика и модель оценки возможности передачи информации с БЛА на НПУ и произведена оценка величины энергетических характеристик принимаемого НПУ ретроотраженного лазерного излучения, подтверждающая практическую возможность применения предлагаемого способа коммуникации.

Список литературы

1. Разработка способа скрытного управления беспилотным летательным аппаратом малого класса в условиях сложной электромагнитной обстановки в интересах радиоразведки и мероприятий КТК: отчет о НИР / ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж); рук. А. Ю. Козирацкий; исп. : О. В. Кусакин. – Воронеж, 2020. – 90 с. № ГР 1611959. Инв. № У4954.

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. Имитационное моделирование процесса управления беспилотным летательным аппаратом типа «квадрокоптер» с использованием оптического диапазона длин волн/ А.Ю. Козирацкий, О.В. Кусакин, М.М. Фролов, А.А. Козирацкий // Сборник научных статей по материалам VII международной научно-практической

конференции «Академические Жуковские чтения» – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА» – 2019. – С.93-97.

5. Антонов М. А. Источники и приемники оптического излучения. Конспект лекций по дисциплине «Источники и приемники излучения». Казань, КНИТУ им. А.Н. Туполева, 2013. – 117с.

6. Борейшо А. С. Лазеры: Устройство и действие: Учеб. пособие. Мех. ин-т. СПб, 1992. – 215 с.

7. Азимут Фотоникс [Электронный ресурс]: Измерители мощности энергии лазера. – Режим доступа : http://www.azimp.ru

Применение среды Simulink при разработке модели регулирования давления воздуха в герметической кабине воздушного судна

С. В. Кучевский, e-mail: faust2@bk.ru
Д. Д. Бухарин, e-mail: faust2@bk.ru
В. М. Дмитриев, e-mail: dvm84@bk.ru

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

Аннотация. *В данной работе представлены пример построения модели регулирования давления воздуха в герметической кабине воздушного судна и результаты исследования ее характеристик.*

Ключевые слова: *система регулирования давления воздуха, герметическая кабина, перепад давления.*

Введение

Выполнение полетов и обеспечение их безопасности непосредственно зависит от функционального и физиологического состояния летчика. Модернизация существующих и разработка новых воздушных судов (ВС) поколений существенно расширили диапазон высот и скоростей их эксплуатации, что привело к нарастанию сложности и напряженности летной деятельности, обусловленных интенсивным изменением вертикальной скорости и возрастанием опасности разгерметизации герметической кабины (ГК) в особых условиях [1]. Разработка и внедрение авиадвигателей нового поколения, обеспечивающих большие скорости полета в бесфорсажном режиме, предопределяет перевод большинства высотных крейсерских полетов в стратосферные. При выполнении таких полетов экипаж обязан либо применять индивидуальное высотное снаряжение для дыхания под избыточным давлением, в режиме постоянной готовности к защите от декомпрессионных воздействий предельно-переносимого уровня, или использовать принципиально новые бортовые системы регулирования безопасного режима давления в кабине.

В настоящее время для снижения влияния на членов экипажа неблагоприятных факторов высотного полета используется ГК с автоматическим регулированием давления, обеспечивающим заданный перепад между давлением в ГК и атмосферой в зависимости от высоты полета, а также защитное снаряжение летчика [2].

© Кучевский С. В., Бухарин Д. Д., Дмитриев В. М., 2021

Анализ существующих систем автоматического регулирования давления (САРД) и систем кондиционирования воздуха (СКВ) показывает, что на критических режимах работы при интенсивном маневрировании в вертикальной плоскости, не выполняется программа регулирования давления в ГК, обеспечивающая наибольшую эффективность защиты летчика, а применение высокорасходных регуляторов приводит к забросам давления [2,3].

Применяемые системы автоматического регулирования давления (САРД) воздуха в ГК не обеспечивают выполнение программы регулирования давления при критических режимах работы во время полета [2].

Анализ существующего научно-методического аппарата показывает, что он не обеспечивает оценку точности регулирования давления при интенсивном маневрировании в вертикальной плоскости с учетом ограничений накладываемых на скорость изменения давления и не позволяет оценить возможности компенсации падения давления за счет управления подачей воздуха [3].

Для исследования возможностей существующих, а также перспективных и проектируемых САРД в ГК предлагается применять среду моделирование Simulink. Ее использование позволяет с высокой точностью моделировать процесс регулирование давления воздуха в ГК, оценивать работу системы при критических режимах работы, а также провести эксперименты по имитации разгерметизации кабины при различных режимах работы САРД в различных условиях.

1. Разработка модели системы автоматического регулирования давления воздуха

В концепции создания истребителя пятого поколения особое внимание уделяется его сверхманевренным свойствам, позволяющим завоевать превосходство в воздухе в ближнем маневренном бою и эффективно использовать противоракетные маневры. Выполнение маневров истребителем сопровождается изменением высоты полета и, как следствие, изменением давления воздуха в ГК [2]. Изменение давления в ГК является одним из неблагоприятных факторов, оказывающих негативное воздействие на состояние экипажа. Для его защиты и жизнеобеспечения применяются САРД, основанные на поддержании давления в требуемых пределах за счет наддува атмосферного воздуха от компрессора авиадвигателя и сброса избыточного количества воздуха в атмосферу. Регулирование давления осуществляется изменением проходного сечения регулятора давления и регулятора подачи в соответствии с изменением высоты полета и скоростью ее изменения. Но, проведенная оценка технических

возможностей САРД ГК в условиях боевого маневрирования показала [3], что тактико-технические характеристики современных самолётов достигли величин, при которых параметры работы систем обеспечения жизнедеятельности выходят за пределы нормальной эксплуатации, смысл которой состоит в поддержании физиологических параметров организма лётчика и комфортных условий работы. В частности, существующие САРД, реализующие изменение давления в соответствии с законом регулирования, при быстром наборе высоты или спуске также быстро изменяют давление в ГК, что негативно сказывается на состоянии экипажа. В результате воздействия резкого изменения давления у лётчиков возникают болевые ощущения в слуховых органах, дискомфорт и другие, негативно влияющие на качество деятельности факторы.

При разработке таких систем не предусмотрен режим работы при многократном разнонаправленном изменении давления. Таким образом, человек, находящийся внутри ГК, в случае маневрирования, никак не защищен от перепада давления без специальных защитных средств (например, герметического скафандра). В свою очередь, наличие дополнительных защитных средств, приводит к ограничению возможностей человека, к сковыванию его движений и дополнительный массы на теле.

Тем самым не обеспечивается надежная защита членов экипажа от неблагоприятных факторов высотного полета.

На всех современных типах ВС давление в ГК поддерживается на нормальном уровне с помощью системы автоматического регулирования давления (САРД). Согласно медико-техническим требованиям, предъявляемым к САРД, скорость изменения давления в ГК при подъёме на высоту не должна превышать 5 мм рт.ст./с (666,66 Па/с), а при спуске 10 мм рт.ст./с (1333,32 Па/с).

Для создания модели применяется среда моделирования Simulink. В ней реализовано движение ВС во время полета, а также изменение давления воздуха в ГК ВС в соответствии с выполняемым маневром.

На рис. 1 представлена модель полного пространственного движения самолета, дополненная блоками, имитирующими процесс изменения атмосферного давления и, в соответствии с этим, изменение давления воздуха в ГК.

Верхний уровень данной модели содержит набор отдельных блоков, например, блок динамики самолета с системой управления, блок приема сигналов от летчика, блок посылки сигналов в систему визуализации и другие. Как можно видеть, блоки содержат большое количество входных и выходных сигналов, однако пересечения линий

сигналов в модели практически отсутствуют. В названиях входных и выходных сигналов блоков указаны единицы измерения (метры, градусы, проценты).

Все это способствует тому, что вся модель обладает понятной структурой и легко читаемым интерфейсом. Поскольку все основные блоки являются независимыми, их можно быстро и легко редактировать и заменять, не затрагивая остальные.

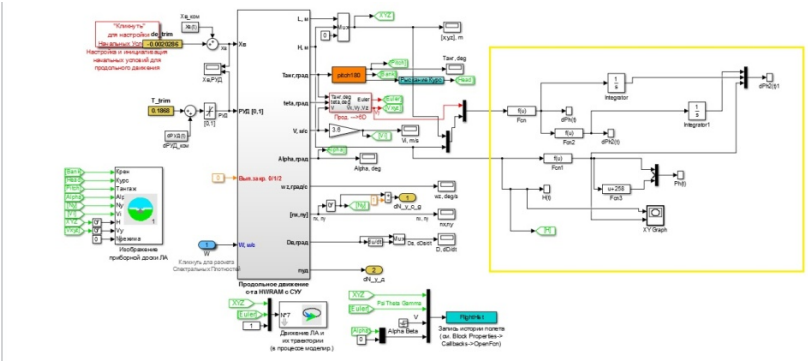


Рис. 1. Модель самолета с системой регулирования давления воздуха

2. Эксперименты по имитации разгерметизации герметической кабины

При моделировании площадь отверстия была выбрана 0,0016 м2. Результаты вычислений представлены на графиках рисунков 2÷4. Для объема 3 м3: высота 20 км, высота 15 км, высота 10 км.

Рассматривались следующие режимы работы САРД:

– без компенсации (без подачи газа компенсирующего падение давления кабине);

– с компенсацией давления соответствующему закону изменения Рк = const;

– с компенсацией давления Рк = 145 мм рт. ст. соответствующему высоте 12 км;

– с компенсацией давления соответствующему безопасному коэффициенту перенасыщения;

– с компенсацией давления Рк = 433,15 мм рт. ст. соответствующему высоте 4,5 км.

Безопасные коэффициенты перенасыщения составляли для высот 20, 15, 10 км соответственно 1,3, 1,4, 1,5. При высоте 20 км режим компенсации давления Рк = 433,15 мм рт. ст. соответствующий высоте

4,5 км не рассматривался, так как это этого давление 433,15 мм рт. ст. в кабине поддерживалось в соответствии с законом регулирования. При высоте 10 км компенсацию давления 145 мм рт. ст. также не рассматривали, так как уровень безопасного давления оказался выше данного давления.

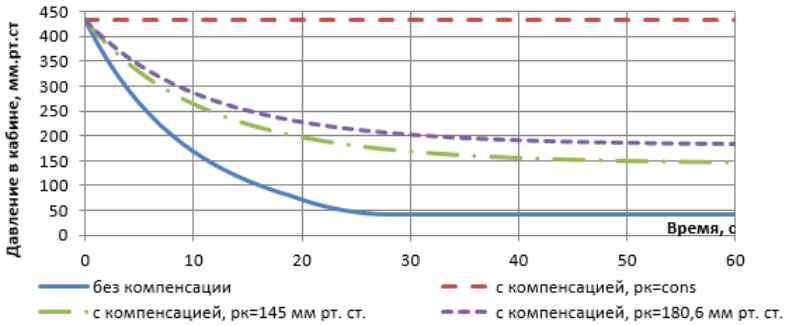


Рис. 2. Динамика давления в кабине при Vк=3 м3, Н=20 км

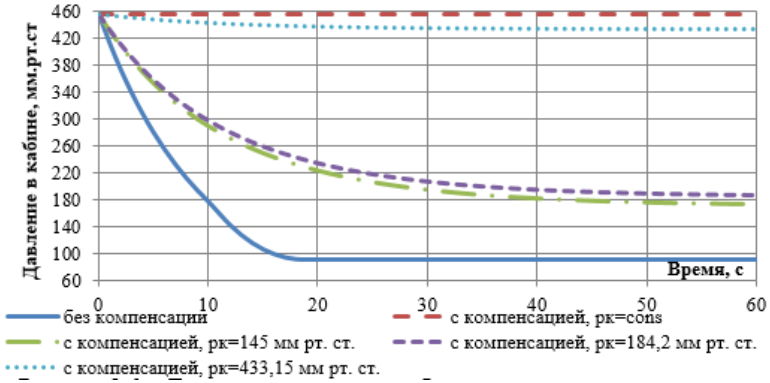


Рис. 3. Динамика давления в кабине при Vк=3 м3, Н=15 км

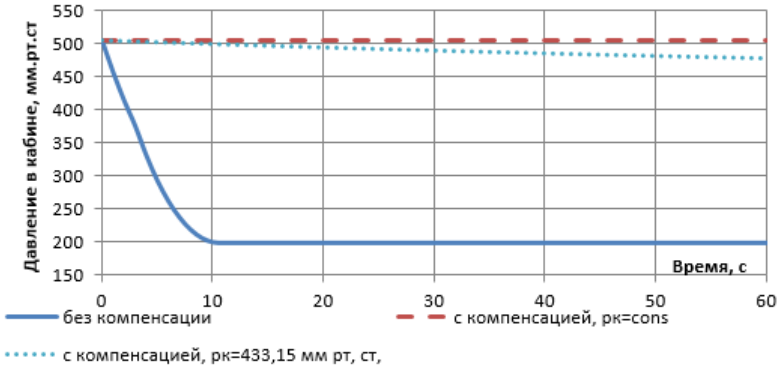


Рис. 4. Динамика давления в кабине при Vк=3 м3, Н=20 км

Полученные расчетные кривые качественно соответствуют реальным процессам.

Заключение

На основе существующих подходов к моделированию разгерметизации сформирована имитационная модель, позволяющая оценить влияние разгерметизации на параметры функционирования САРД. Проведены вычислительные эксперименты по имитации разгерметизации кабины на различных высотах полета.

Разработанная имитационная модель может стать основой для методического и алгоритмического обеспечения САРД ГК ВС, повышающих защиту летчика от неблагоприятных факторов высотного полета на критических режимах работы.

Список литературы

1. Акопов, М. Г. Системы оборудования летательных аппаратов / М. Г. Акопов, В. И. Бекасов, В. Г. Долгушев – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Машиностроение. 2005. – 558 с.

2. Кучевский, С.В. Способ оптимизации регулирования давления воздуха в герметической кабине воздушного судна / С. В. Кучевский, А. В. Гервальд, В. В. Онуфриенко, Ю. П. Титов // Труды МАИ. Вып. – 2017. – № 92. – С. 1-18.

3. Кучевский, С.В. Метод прогнозного регулирования давления воздуха в герметическом объеме / С. В. Кучевский, В. В. Онуфриенко // Наукоемкие технологии. – 2016. – № 4. – Т. 17. – С. 20-28.

Развитие клеточно-автоматного подхода для моделирования структуры и свойств аэрогелей

И.В. Лебедев, e-mail: igor170491@yandex.ru
А.В. Колнооченко, e-mail: korrektor@gmail.com
Н.В. Меньшутина, e-mail: chemcom@muctr.ru

Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева

Аннотация. *Предложены различные модели для создания цифровых копий экспериментальных образцов аэрогелей различной природы, разработанные с использованием клеточно-автоматного подхода. Полученные цифровые копии могут быть использованы для прогнозирования свойств аэрогелей, что позволит частично заменить натурные эксперименты вычислительными и, следовательно, снизить затраты при разработке новых аэрогелей с заданными свойствами.*

Ключевые слова: *клеточные автоматы, моделирование, аэрогели, наноматериалы, пористые материалы.*

Введение

Одними из перспективных материалов, которые находят широкое применение, являются аэрогели. Аэрогели относятся к классу высокопористых наноструктурированных материалов, представляющих собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. Уникальные свойства аэрогелей такие, как низкая плотность, высокая удельная площадь поверхности, наличие в их структуре единой сети открытых пор позволяют успешно применять их в качестве носителей лекарственных средств, тепло- и шумоизоляторов, газовых фильтров, адсорбентов, радиаторов в черенковских детекторах.

В настоящее время задача разработки новых материалов, которые обладают заданными характеристиками является актуальной для многих областей науки и промышленности. Однако, выполнение этой задачи связано с проведением большого количества экспериментов для определения условий, при которых получаемые материалы будут обладать нужными свойствами. Это ведет к существенному увеличению затрат при разработке новых материалов.

Использование методов математического и компьютерного моделирования позволят уменьшить количество необходимых экспериментальных исследований. Они позволяют получать цифровые

© Лебедев И. В., Колнооченко А. В., Меньшутина Н. В., 2021

копии реальных структур материалов, соответствующих экспериментальным, которые будут отражать основные качества и особенности исследуемых структур.

В данной работе был использован клеточно-автоматный подход при разработке моделей, которые позволяют получать цифровые структуры аэрогелей и рассчитывать их структурные свойства.

1. Клеточно-автоматный подход

Одним из широко распространенных и эффективных подходов к моделированию структур и свойств материалов является клеточно-автоматное моделирование. Данный подход находит применение во многих областях науки таких, как микро- и макробиология, теория искусственного интеллекта, распределённые системы в условиях «информационного голодания», вычисления в среде с возможностью сбоев [1], при расчете термодинамических процессов: тепло- и массопереноса, химических реакций [2,3], газо- и гидродинамики [4] благодаря своей гибкости, универсальности, простоте правил эволюции системы.

Основная идея клеточно-автоматного подхода состоит в том, что исследуемая система разбивается на элементарные объемы – клетки. Клетки являются одинаковыми и в каждый момент времени имеют одно из заданного множества состояний. Клетки меняют свое состояние по локальным правилам перехода, то есть, их состояние зависит только от состояния соседних клеток. Это позволяет учитывать неоднородность структуры, когда состав и геометрия материала оказывает существенное влияние на его свойства. Правила перехода могут быть основаны на теоретических или статистических зависимостях.

Особенностью клеточных автоматов является простота и локальность правил эволюции исследуемой системы во времени. Они позволяют моделировать сложное поведение системы при относительно низких требованиях к вычислительным ресурсам. Кроме того, локальность правил перехода позволяет реализовывать клеточно-автоматные модели с использований высокопроизводительных параллельных вычислений, что позволяет существенно ускорить проведение расчетов при моделировании.

2. Моделирование структур аэрогелей с использованием клеточно-автоматного подхода

При исследовании пористых наноструктур таких, как аэрогели следует учитывать, что на их свойства сильно влияет неоднородность – в структуре присутствует как твердый каркас, так и поры различного диаметра.

Структура аэрогеля образуется в результате золь-гель процесса, в ходе которого, например, для неорганических аэрогелей, образуются первичные глобулы малого диаметра, которые затем агрегируют во вторичные глобулы и далее в более крупные кластеры.

Среди моделей, которые позволяют получить цифровую структуру пористого материала, образованную в результате теплового движения молекул и вызываемого ими броуновского движения широко применяются модели агрегации. Их основной идеей является имитация хаотического движения частиц структуры и их агрегации в единый пористый кластер. В качестве частиц, базовых элементов модели, могут выступать первичные глобулы, вторичные глобулы и более крупные кластеры. Модели агрегации разделяются на две группы по способу агрегации частиц: агрегация «частица-кластер» (particle-cluster aggregation, PCA) и агрегация «кластер-кластер» (cluster-cluster aggregation, CCA).

В группе моделей агрегация «частица-кластер» центр кластеризации (единичный кластер, частица, глобула) помещается на поле генерации, а остальные частицы (глобулы или более крупные образования) зарождаются в случайной точке на поле, где и начинается траектория их движения. Когда частица сталкивается с другой частицей или центром кластеризации, происходит агрегация, и частица становится частью кластера.

Особенность группы моделей "агрегация кластер-кластер" состоит в том, что все частицы (глобулы или кластеры) помещаются на поле генерации сразу. Все частицы движутся внутри поля. При столкновении друг с другом частицы агрегируются в один кластер, который также движется и может агрегировать с другими кластерами. Так происходит до тех пор, пока все частицы не агрегируют в единый кластер.

Модель агрегации, ограниченной диффузией (Diffusion-limited aggregation, DLA) является первой предложенной моделью агрегации. Она относится к классу моделей "частица-кластер". Модель была разработана Виттеном и Сандером в 1981 году.

Принцип работы данной модели заключается в следующем: на поле размещается неподвижная частица, которую называют «центром кластеризации». После этого в случайном месте поля генерируется новая частица, которая начинает хаотичное движение, которое продолжается до тех пор, пока частица не столкнется с центром кластеризации. В результате столкновения частица агрегирует с «центром кластеризации» в единую структуру. После каждого столкновения генерируются новые частицы, пока структура не достигнет заданного параметра (например, пористости).

Существует версия данной модели, когда на поле размещается не один, а несколько центров кластеризации. Такая модель называется агрегацией, ограниченной диффузией с множеством центров кластеризации – multiDLA.

Модели DLA и MultiDLA позволяют структуры, соответствующие внутренней структуре аэрогелей. На рис. 1 представлен пример трехмерной цифровой структуры, полученной с помощью модели DLA.

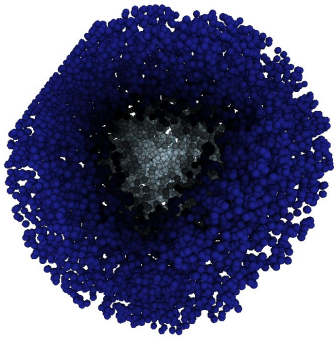


Рис. 1. Цифровая трехмерная структура аэрогеля, полученная с помощью модели DLA

Развитием модели DLA являлась модель агрегации, ограниченной реакцией (reaction-limited aggregation, RLA). RLA отличается от DLA тем, что глобулы агрегируют с центром кластеризации не при каждом столкновении, а с определенной вероятностью. Такое поведение моделирует отталкивание между частицами до того момента, когда будет достигнуто энергетически выгодное состояние [5].

Другой разновидностью моделей "частица-кластер" является баллистическая модель (Ballistic particle-cluster aggregation, BPCA). Здесь отличие от модели DLA состоит в том, что частицы меняют направление своего движения не на каждом шаге, имитируя броуновское движение, а двигаются по прямой до столкновения с центром кластеризации или с границей поля.

Дальнейшим развитием модели DLA являлась модель кластер-кластерной агрегации, ограниченной диффузией (diffusion-limited cluster aggregation, DLCA), которая относится к классу моделей "кластер-кластер". Суть работы модели состоит в том, что хаотично двигающиеся частицы аэрогеля, размещенные на поле, агрегируют сначала в более крупные кластеры, а затем в единую структуру.

На рис. 2 приведен пример трехмерной структуры, полученной с помощью модели DLCA.

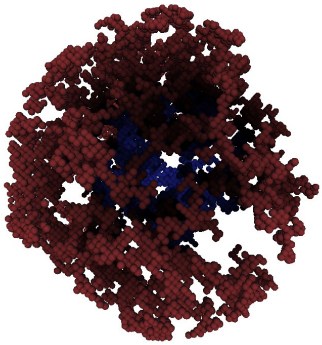


Рис. 2. Цифровая трехмерная структура аэрогеля, полученная с помощью модели DLCA

Как и в случае с моделями "частица-кластер" данная модель может быть реализована с различной вероятность агрегации, кластер-кластерную агрегацию, ограниченную реакцией (reaction-limited cluster aggregation, RLCA) и с баллистической моделью движения частиц, баллистическую кластер-кластерную агрегацию (ballistic cluster-cluster aggregation, BCCA).

Рассмотренные выше модели имеют схожий принцип действия, но различные механизмы работы. Это позволяет подбирать модель для аэрогелей различной природы. Кроме того, эти модели легко модифицировать под конкретную задачу. Одним из вариантов развития агрегационных моделей является рассмотрение в качестве движущихся частиц не единичных клеток, которые считаются первичными глобулами, а группы клеток. Это открывает возможность для генерации структур, которые образованы преимущественно вторичными глобулами или глобулами разных размеров (что особенно характерно для гибридных и органических аэрогелей). Такой подход показал хорошие результаты при моделировании структур органических полиамидных аэрогелей [6].

3. Расчет свойств аэрогелей

Аэрогель имеет гетерогенную структуру, состоящую из твердого каркаса и пор, заполненных воздухом. Его свойства, такие как теплопроводность и прочность напрямую зависят от структурных характеристик. Поэтому важной задачей является оценка соответствия

сгенерированных цифровых структур соответствующим экспериментальным образцам. Одним из важнейших структурных параметров аэрогеля является распределение его по размерам. Поэтому, в том случае, если распределение пор по размерам экспериментального образца и цифровой структуры будут одинаковыми, можно сделать вывод о соответствии структур друг другу.

Определить распределение пор по размеру цифровой структуры аэрогеля невозможно напрямую, поэтому для его оценки разработан отдельный метод геометрических построений.

Основная идея метода геометрических построений состоит в последовательных попытках заполнить свободное пространство заданной структуры пробными частицами (сферами) определённого радиуса. Вокруг каждой точки поля описывается сфера определенного диаметра. Если внутрь этой сферы попадает структура аэрогеля, то попытка считается неудачной. В противном случае объем внутри сфера помечается как занятый порой заданного диаметра. После проверки каждой точки поля диаметр сферы уменьшается на заданный шаг и попытки повторяются заново.

Результатом работы модели является список пар "диаметр поры"-"объем, занимаемый порами". Эти данные легко преобразовать в дифференциальную кривую распределения пор по размерам, которая используется в экспериментальных исследованиях.

На рис. 3 и 4 представлены трехмерная цифровая структуры и экспериментальная и расчетные кривые распределения пор по размеру для гибридного кремний-резорцинол-формальдегидного аэрогеля соответственно.

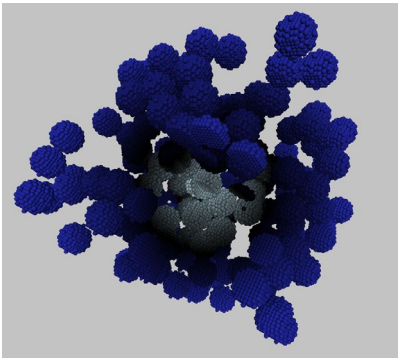


Рис. 3. Трехмерная цифровая структура кремни-резорцинол-формальдегидного аэрогеля

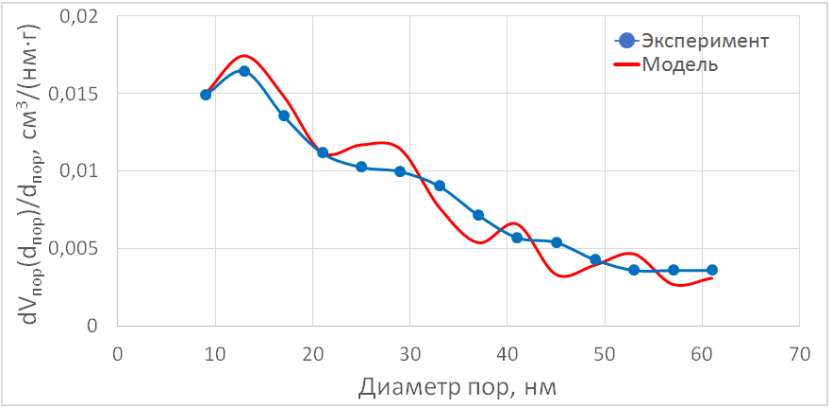


Рис. 4. Экспериментальная и расчетная кривые распределения пор по размерам

Отклонение расчетной кривой от экспериментальной не превышает 15%, что говорит о том, что цифровая структура соответствует экспериментальному образцу.

Заключение

В работе были рассмотрены различные модели, реализованные с помощью клеточно-автоматного подхода. Предложенные модели позволяют генерировать цифровые структуры нанопористых материалов – аэрогелей и рассчитывать их структурные свойства.

Сгенерированные таким образом цифровые структуры могут быть использованы в дальнейшем в качестве входных параметров моделей для прогнозирования физических и физико-химических свойств аэрогелей таких, как теплопроводность и прочность. Это позволит существенно снизить количество необходимых натурных экспериментов путем их частичной замены вычислительными. Это позволит снизить затраты и время разработки новых аэрогелей с заданными свойствами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, FSSM-2020-0003.

Список литературы

1. Поникаров М. В. Использование игр клеточных автоматов для синхронизации в распределённых системах/ М.В. Поникаров // Бизнес-Информатика. – 2008. – Т. 5. – №3. – С. 31 – 36.

2. Kier L. B. A Cellular Automata Model of Bond Interactions Among Molecules/ L. B. Kier // J. Chem. Inf. Comput. Sci. – 2000. – V. 40. – № 5. – P. 1285–1288

3. A cellular automata model of micelle formation/L.B. Kier [et. al.] // Pharm Res. – 1996. – V. 13. – № 9. – P. 1419 – 1422

4. Бандман О. Л. Параллельная реализация клеточно-автоматных алгоритмов моделирования пространственной динамики/О.Л. Бандман // Сиб. журн. вычисл. матем. – 2007. – Т. 10. – №4. – С. 335–348

5. Meakin P. A historical introduction to computer models for fractal aggregates/P. Meakin //Journal of Sol-Gel Science and Technology. – 1999. – V. 15. – №. 2. – pp. 97–117.

6. A Cellular Automata Approach for the Modeling of a Polyamide and Carbon Aerogel Structure and Its Properties/ N.V. Menshutina [et. al.]// Gels. – 2020. – V 6(4). – №35. – P. 1–17.

Математическое моделирование комбинированного нагружения тонкой пластины

О. С. Лемина, email: mail.olga.shipilova@gmail.com
Р. Г. Меджидов, email: ihatedamnmails@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Тонкая пластина из упругопластического материала подвергается тепловому нагружению в одном направлении. Значение предела пластичности зависит от температуры. Изложена процедура определения напряженного и деформированного состояния пластины для любых условий, как кусочно-линейных, так и нелинейных. Показано, что предельное состояние возникает только в случае комбинированной нагрузки: тепловой и силовой.*

Ключевые слова: *тонкая пластина, упругопластическое тело, тепловое нагружение, закон пластического деформирования, кусочно-линейные функции пластичности, гладкие функции пластичности.*

Введение

Тонкие пластины, сплошные диски, кольцевые диски и диски с включениями широко используются в инженерной практике. Разные подходы математического моделирования поведения таких объектов, являются составной частью многих монографий [1–3] и рассмотрены в многочленных журнальных публикациях, например, [4–6]. Влияние теплового воздействия на тонкий полный упругопластический диск при выборе условия пластичности Мизеса, помещенный в жесткий цилиндрический контейнер рассмотрено в [7]. При действии двух независимых параметров нагружения возможно возникновение двух различных механизмов пластического коллапса [8]. В работе [9] выполнено численно-аналитическое решение одномерной задачи теории температурных напряжений об эволюции плоских напряженных состояний в условиях нагрева и последующего остывания круглой пластины, изготовленной из упругопластического материала. Решение задачи о тонкой упругой пластине, когда тепловое воздействие приводит неоднородному полю напряжений по одной координате, ортогональной декартовой системы координат дано в [1]. В работах [10, 11] рассмотрено тепловое нагружение упругопластической тонкой пластины.

© Лемина О. С., Меджидов Р. Г., 2021

1. Постановка задачи

Рассматривается тонкая пластина из упругопластического материала. Выбирается декартова система координат xyz. Для тонкой пластины принимается приближение плоского напряженного состояния: $\sigma_{zz} = \sigma_{xz} = \sigma_{yz} = 0$. В направлении оси $0y$ пластина считается бесконечной. В направлении оси $0x$ пластина имеет ширину $2a$. Тепловое воздействие приводит неоднородному полю напряжений по координате y. На кромках пластины $x = \pm a$ действует силовое воздействие $\sigma_{xx}|_{x=\pm a} = -p$. Значение предела пластичности зависит от температуры.

2. Анализ задачи

Если в направлении $0y$ пластина бесконечная, то любая плоскость $y = const$ будет плоскостью симметрии, из чего следует, что компонента вектора перемещений $u_y = 0$. Если в направлении $0y$ пластина имеет конечную ширину, можно принять что перемещения кромок пластины в направлении $0y$ равны нулю. Компонента напряжений σ_{xx} может принимать только фиксированное значение, которое определяется из граничных условий $|\sigma_{xx}| = p$ на кромках $x = \pm a$ пластины. При этом растягивающие или сжимающие напряжения σ_{xx} не могут принимать любые значения в силу ограничений устанавливаемых условием пластичности.

3. Выбор математической модели

С учетом постановки задачи выбираемая математическая модель упругопластического состояния тонкой пластины включает уравнения, приводимые ниже.

Уравнение равновесия

$$\sigma_{xx,x} = 0,$$

из которого следует $\sigma_{xx} = p$, где p – усилие на кромках $x = \pm a$ пластины.

Соотношения закона Дюамея-Неймана для упругих деформаций

$$\begin{aligned} E\varepsilon^e_{xx} &= p - \nu\sigma_{yy} + E\alpha T, \\ E\varepsilon^e_{yy} &= \sigma_{yy} - \nu p + E\alpha T, \\ E\varepsilon^e_{zz} &= -\nu(p + \sigma_{yy}) + E\alpha T. \end{aligned} \qquad (1)$$

В области упругого состояния, если нет начальных остаточных деформаций, полные деформации равны упругим. Тогда из равенства $\varepsilon_{yy} = 0$ следует, что $\sigma_{yy} = \nu p - E\alpha T$, поэтому

$$E\varepsilon_{xx} = (1-\nu^2)p + (1+\nu)E\alpha T,$$

$$E\varepsilon_{zz} = (1+\nu)(\nu E\alpha T - \nu p).$$

Для полных деформаций

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x}, \varepsilon_{zz} = \frac{\partial u_z}{\partial z},$$

где u_x, u_z – компоненты вектора перемещений. Перемещений в упругой обрасти определяются из решений двух уравнений

$$\frac{du_x}{dx} = (1-\nu^2)p + (1+\nu)E\alpha T,$$

$$\frac{du_z}{dx} = (1+\nu)(\nu E\alpha T - \nu p).$$

Из условия пластичности

$$F(\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz})|_{\sigma_{xx}=p, \sigma_{zz}=0} = f(\sigma_{yy}) = k,$$

находим, что в пластической области $\sigma_{yy} = f^{-1}(k)$.

Если k – предел пластичности на одноосное растяжение, то $\sigma_{yy} = k$.

Если принимается ассоциированный закон пластического течения, то в инкрементальной форме

$$\frac{d\varepsilon_{xx}^p}{\partial F / \partial \sigma_{xx}} = \frac{d\varepsilon_{yy}^p}{\partial F / \partial \sigma_{yy}} = \frac{d\varepsilon_{zz}^p}{\partial F / \partial \sigma_{zz}} \qquad (2)$$

Соотношения (2) интегрируются в некоторых случаях. Например, для кусочно-линейных функций пластичности

$$F_i = \max\{\alpha_i\sigma_{xx} + \beta_i\sigma_{yy} + \gamma_i\sigma_{zz}\}, i = 1 \div 3n, n \in N.$$

В этом случае

$$\frac{\partial F_i}{\partial \sigma_{xx}} = \alpha_i, \frac{\partial F_i}{\partial \sigma_{yy}} = \beta_i, \frac{\partial F_i}{\partial \sigma_{zz}} = \gamma_i,$$

поэтому, интегрируя (2), получим

$$\frac{\varepsilon_{xx}^p}{\alpha_i} = \frac{\varepsilon_{yy}^p}{\beta_i} = \frac{\varepsilon_{zz}^p}{\gamma_i}$$

Соотношения (2) также интегрируются, если поле температур стационарное. В общем случае соотношения (2) не интегрируются. В таких случаях будем использовать соотношения ассоциированного закона пластического деформирования [5, 6]

$$\frac{\varepsilon_{xx}^p}{\partial F / \partial \sigma_{xx}} = \frac{\varepsilon_{yy}^p}{\partial F / \partial \sigma_{yy}} = \frac{\varepsilon_{zz}^p}{\partial F / \partial \sigma_{zz}}. \qquad (3)$$

Для аддитивной связи полных, упругих и пластических деформаций

$$\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{xx}^e + \varepsilon_{xx}^p,\ \varepsilon_{yy} = \varepsilon_{yy}^e + \varepsilon_{yy}^p,\ \varepsilon_{zz} = \varepsilon_{zz}^e + \varepsilon_{zz}^p. \qquad (4)$$

Упругие деформации в пластической области определяются по формулам (1). Из (3), (4), учитывая, что $\varepsilon_{yy} = 0$, следуют уравнения

$$\varepsilon_{xx}^p = -\frac{F_x}{F_y}(\sigma_{yy} - \nu p + E\alpha T),$$

$$\varepsilon_{zz}^p = -\frac{F_z}{F_y}(\sigma_{yy} - \nu p + E\alpha T),$$

где $F_x = \frac{\partial F}{\partial \sigma_{yy}}|_{\sigma_{xx}=p,\sigma_{zz}=0}$, $F_y = \frac{\partial F}{\partial \sigma_{yy}}|_{\sigma_{xx}=p,\sigma_{zz}=0}$, $F_z = \frac{\partial F}{\partial \sigma_{zz}}|_{\sigma_{xx}=p,\sigma_{zz}=0}$.

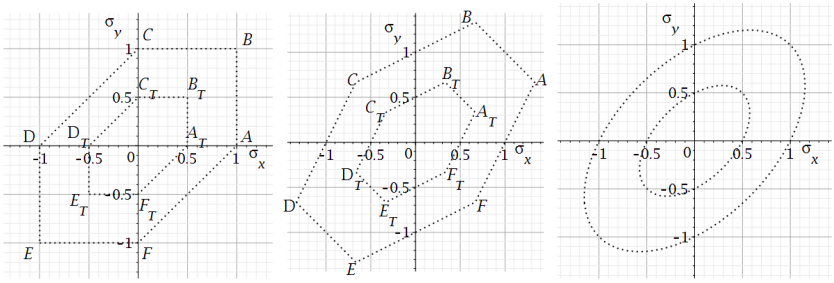
Перемещения в пластической области определяются из решения уравнения

$$\frac{du_x}{dx} = p - \nu\sigma_{yy} + E\alpha T - \frac{F_x}{F_y}(\sigma_{yy} - \nu p + E\alpha T).$$

Если нет температурного воздействия, то условие Треска допускает напряжения $|\sigma_{xx}| \le k$ (k предел пластичности при одноосном растяжение). Если на границах $x = \pm a$ давление $|p| = k$, то пластина переходит в предельное состояние. Экспериментальные данные [2] показывают, что предел пластичности при увеличении температуры для большинства материалов всегда уменьшается. Приняв это, приходим к тому, что дальнейшее тепловое нагружение пластины, когда $|p| = k$ невозможно: в плоскости $y = const$, где температура начинает увеличиваться будет происходить неограниченное увеличение

пластических деформаций. Нагрев пластины приводит к появлению сжимающих напряжений $\sigma_{yy} < 0$ (рассматриваем случай, когда перемещений вдоль оси $0y$ нет) и к зарождению пластической области, когда $|p| < k$.

При увеличении температуры предел пластичности уменьшается и кривые пластичности «сжимаются» и при температуре, когда предел пластичности $k \to 0$, стягиваются в точку (рис.1).



а б в

Рис. 1. Шестиугольники условия пластичности Треска (а), Ишлинского-Ивлева (б) и кривые Мизеса (в) в плоскости $\sigma_z = 0$

Для шестиугольников $ABCDEF$ при начальной температуре безразмерный предел пластичности на одноосное растяжение $k = 1$. Для шестиугольников $A_T B_T C_T D_T E_T F_T$ предел пластичности $k(T) < 1$.

Для условия пластичности Треска, когда $0 < p < k$ в пластической области реализуется режим $E_T F_T$ (рис. 1.а). Для точек пластины с разной температурой кривые пластичности разные. Если вдоль оси $0x$ напряжения растягивающие $(-k < p < 0)$, то реализуется режим $F_T A_T$. Сингулярный режим F_T, реализуется, когда $p = 0$. Если не реализуется комбинированное нагружение пластины, при котором изменяется значение p, то в пластической области реализуется один режим.

Для условия пластичности Ишлинского-Ивлева пластина без теплового воздействия переходит в предельное состояние, если внешнее растягивающее или сжимающее воздействие $|p| = 4k/3$ (режимы A, D). Если значение параметра $|p|$ меньше предельного, то при тепловом нагружении могут реализоваться режимы $D_T E_T$, $E_T F_T$ и

часть режимов $C_T D_T$, $A_T F_T$ в полуплоскости $\sigma_{yy} \le 0$. Когда рассматривается тепловое нагружение при фиксированном силовом воздействии, к разных частях пластины могут реализовываться разные режимы для кусочно-гладких функций пластичности [10, 11].

Кусочно-линейные функции пластичности можно с необходимой точностью аппроксимировать гладкими функциями пластичности. Так шестиугольник Треска можно аппроксимировать кривой Херши-Хосфорда [6], которая в частом случае совпадает с эллипсом пластичности Мизеса.

В качестве примера рассмотрим случай, когда температура в пластине изменяется по линейному закону. Для функции пластичности

$$F = (\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^6 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^6 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^6, \ \sigma_{xx} = -p, \ \sigma_{zz} = ($$

распределение напряжений

$$\sigma_{yy} = \frac{1}{2}\left(p - \sqrt{2N - 5p^2 + 10p^2 / N} \right),$$

$$N = \left(2k - 13p^6 + 2\sqrt{11p^{12} - 13kp^6 + k^2} \right)^{1/3}$$

На рис. 2 приведен график изменения эквивалентного напряжения. Нелинейность кривой σ_{eq} в пластической области обусловлен выбором функции пластичности.

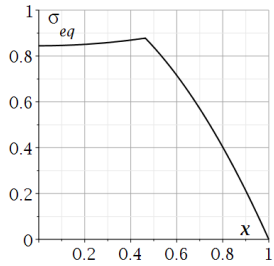


Рис. 2. $T_a = 100, T_b = 0, b = 1, \nu = 0.25, \chi = 0.0017, \alpha E = 0.012$

Выводы

Задача о термопластическом состоянии пластины имеет аналитическое решение для кусочно-линейных функций пластичности. Однако, выбор таких функций приводит к разрыву пластических

деформаций при выполнении сингулярных режимов. Выбор гладких функций пластичности приводит к непрерывности полей деформаций.

Список литературы

1. Timoshenko S. P. Theory of elasticity / S. P. Timoshenko, J. N. Goodier. – New York : McGraw-Hill, 1970. – 506 p.
2. Паркус, Г. Неустановившиеся температурные напряжения / Г. Паркус. – Москва: Физматлит, 1963. – С. 252.
3. Chakrabarty J. Theory of Plasticity / J. Chakrabarty. – Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. – 882 p.
4. Абашкин, Е. Е. Условие пластичности максимальных приведенных касательных напряжений в качестве средства расчетов эволюции плоских напряженных состояний / Е. Е. Абашкин, А. В. Ткачева, Г. А. Щербатюк // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Серия: Науки о природе и технике. – 2018. – № II-1(34). – С. 51–62.
5. Aleksandrova N. N., Artemov M. A., Baranovskii E. S., Shashkin A. I. On stress/strain state in a rotating disk // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1203. Article ID 012001, https://doi.org/10.1088/1742-6596/1203/1/012001
6. Mathematical modeling of rotating disk states / E. V. Semka [at al], // Journal of Physics: Conference Series. 2020. V. 1479. Article ID 012122, https://doi.org/10.1088/1742-6596/1479/1/012122
7. Александров С. Е. Влияние зависимости предела текучести от температуры на напряженное состояние в тонком полом диске / С. Е. Александров, Е. А. Лямина, О. В. Новожилова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2013. – № 3. – С. 43-48.
8. Alexandrov S. Plastic collapse mechanisms in thin disks subject to thermo mechanical loading / S. Alexandrov, P. D. Chinh // In: Proc. Int. Conf. Advances in Computational Mechanics (ACOME 2012), Tong N.T., Hung N.X., Trung N.T., Thanh C.D. (Eds.), Ho Chi Minh City (Vietnam), 14–16 August 2012. P. 261–270.
9. Буренина А.А. Кусочно-линейные пластические потенциалы как средство расчетов плоских неустановившихся температурных напряжений / А. А. Буренина , А. В. Ткачева // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2020. – № 6.- С.40-46.
10. Каинг, М. Температурные напряжения пластины / М. Каинг, А.В. Ткачева // Вестник ЧГПУ. – 2016. – №4(30). – С. 24-32
11. Каинг, М. К расчету плоских напряженных состояний в теории неустановившихся температурных напряжений в упругопластических телах / М. Каинг, А.В. Ткачева // Дальневосточный математический журнал. – 2018. – Т. 2. – С.131-146.

Компьютерное моделирование в задаче определения координат постановщиков ретрансляционных помех

А. С. Мазин, email: mazinant@rambler.ru

ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *Описана методика использования пакета прикладных программ MATLAB в задаче определения координат постановщиков ретрансляционных помех, обеспечивающих скрытие наземных объектов от воздушного радиолокационного мониторинга.*

Ключевые слова: *ретранслятор, ретрансляционные помехи, радиолокация, радиолокационная станция, радиолокационный мониторинг, скрытие наземных объектов, определение координат, матрица, моделирование.*

Введение

Радиолокационный мониторинг земной поверхности, имеющий ряд преимуществ перед оптическими системами, в последние годы получил широкое распространение [1]. Потребителями результатов мониторинга информации являются гражданские и силовые ведомства. Из анализа военных конфликтов последних десятилетий [2-4] следует, что информация, полученная техническими средствами разведки, может использоваться не только для анализа состояния боевой готовности противостоящих вооруженных сил, но и для обеспечения эффективного применения по ним высокоточного оружия. С учетом миниатюризации радиолокационных станций, использующих непрерывные ЛЧМ сигналы, и расширения спектра их возможных носителей (в том числе малые беспилотные летательные аппараты [5]) очевидно, что скрытие наземных объектов от подобных средств разведки является актуальной задачей. Одним из способов противодействия радиолокационному мониторингу является применение малогабаритных ретрансляторов.

Процесс формирования в радиолокационной станции с синтезированием апертуры антенны (РСА) шумовых изображений под воздействием ретрансляционных помех раскрыт в [6]. Методика расчета координат постановщика ретрансляционных помех и основных параметров помехового сигнала описана в [7]. Однако, в [7] задача определения координат ретранслятора ограничена расчетом расстояния его выноса от объекта прикрытия (ОП) с учетом неопределенности положения носителя РСА по углу места. Методика расчета координат

© Мазин А. С., 2021

размещения ретранслятора с учетом неопределенности положения носителя РСА по азимуту в [6,7] не приводилась.

Цель статьи – продемонстрировать методику определения координат ретрансляторов на местности, обеспечивающих скрытие наземных объектов от средств воздушного радиолокационного мониторинга, с использованием средств компьютерного моделирования.

1. Принимаемые условности и допущения

В настоящей методике в расчетах применяется способ создания ретрансляционной помехи, описанный в [7] (рис. 1).

Суть способа [7] заключается в определении таких координат размещения ретранслятора на местности, при которых на радиолокационном изображении (РЛИ) в РСА под воздействием помех обеспечивается формирование шумового изображения в виде полосы (шумовой полосы), скрывающего отметку от ОП.

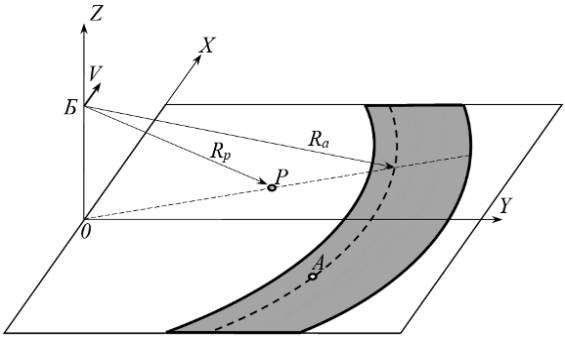
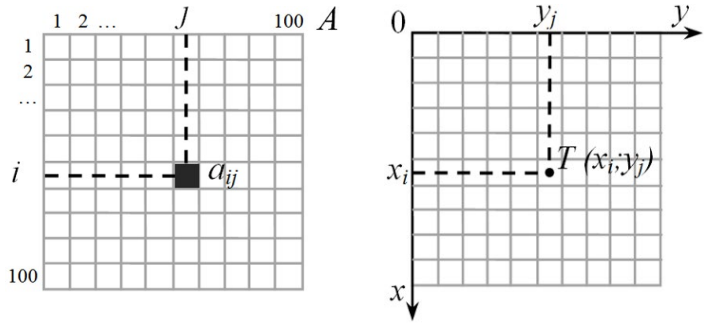


Рис. 1. Взаимное расположение носителя РСА (Б), ретранслятора (Р), прикрываемого объекта (А) и шумовой полосы

В качестве аналога РЛИ земной поверхности, в пределах которого будет проводиться поиск координат ретрансляторов, примем матрицу A с размерностью 100×100, в которой каждый элемент a_{ij} эквивалентен точке $T(x_i;y_j)$ прямоугольной системы координат, повернутой по часовой стрелке на $\pi/2$ (рис. 2). Таким образом, номер строки i матрицы A соответствует абсциссе x, а номер столбца j – ординате y. Данная взаимосвязь необходима для переноса результатов моделирования в плоские прямоугольные координаты. Расстояние между точками прямоугольной системы координат принято условным и может быть эквивалентно любой единице измерения расстояния.



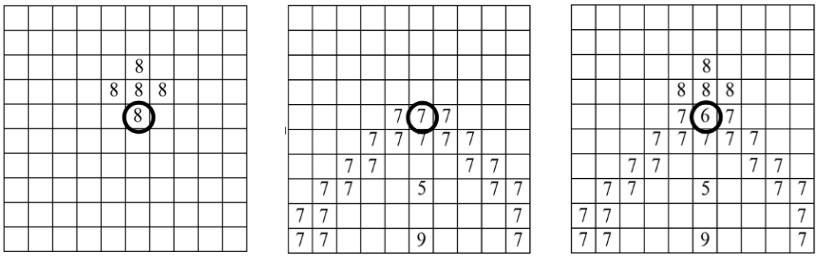
а б

а – матрица-аналог РЛИ; б – прямоугольная система координат

Рис. 2. Взаимосвязь матрицы-аналога РЛИ земной поверхности и прямоугольной системы координат

Каждый элемент матрицы a_{ij} после проведения над ним математических операций принимает соответствующее численное значение. Благодаря взаимосвязи матрицы-аналога и прямоугольной системы координат образуется рабочая плоскость пространства, элементы которой обладают не только индивидуальным адресом, но и численным значением, что позволяет наглядно отображать взаимное расположение объектов и определять расстояния между ними.

Дополнительно, существует возможность отображения областей наложения (элементов матрицы, являющихся составной частью различных объектов). Например, на матрице 10×10 пространственное положение ОП обозначено пятью элементами с численным значением 8 (рис. 3,а). При размещении ретранслятора (элемент со значением 5) относительно носителя РСА (элемент со значением 9) в результате математических операций согласно [7] на матрице-аналоге формируется шумовая полоса, обозначенная элементами с численным значением 7 (рис. 3,б). При совместном размещении ОП, ретранслятора и носителя РСА (совмещении первых двух изображений) образуется общий для шумовой полосы и ОП элемент матрицы (элемент наложения). Данному элементу присваивается новое значение 6, отличное от ранее использованных (рис. 3, в). Подсчет таких элементов дает возможность определить степень пересечения объектов (долю скрытия ОП шумовой полосой). В рассматриваемом случае, при наложении шумовой полосы на один из пяти элементов ОП, доля скрытия составляет 20%.



а б в

а – положение ОП (8); б – положение ретранслятора (5), шумовой полосы (7), и носителя РСА (9); в – отображение элемента наложения шумовой полосы и ОП (6)

Рис. 3. Пример формирования элемента наложения шумовой полосы и ОП

Под «качеством скрытия ОП» подразумевается значение коэффициента k, характеризующего долю скрытия ОП шумовой полосой, формируемой на РЛИ в РСА под воздействием помех. В настоящей методике пороговое значение k принимается равным 20%, 50% и 80% (рис. 4).



а б в

а – k = 20%; б – k = 50%; в – k = 80%

Рис. 4. Качество скрытия объекта прикрытия (ОП) шумовой полосой (ШП)

«Успешными координатами ретрансляторов» (УКР) считаются такие элементы матрицы A, в которых размещение ретрансляторов обеспечивает скрытие ОП от воздушного радиолокационного мониторинга с заданным качеством k.

Возможна ситуация, когда элементы УКР, полученные в результате нескольких итераций, будут совпадать.

Для отображения таких случаев код программы предполагает:

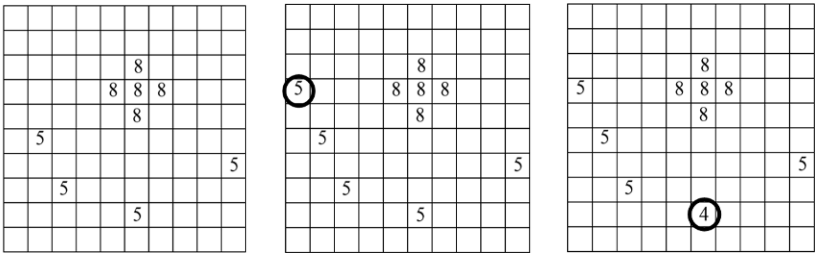
– поочередное внесение в матрицу всех УКР, полученных в результате расчетов, путем присвоения соответствующему элементу значения n;

– присвоение элементу матрицы со значением n значения $n-1$ в случае совпадения с ним элемента очередной УКР.

Например, в матрицу 10×10 в ходе s итераций последовательно вносятся УКР (рис. 5,а). Если УКР совпадает с «пустым» элементом матрицы ему присваивается исходное значение УКР $n_0 = 5$ (рис. 5,б). Если в результате $p = 1...s$ итераций элемент очередной УКР совпадает с «занятым» элементом, значение которого $n_p \le n_0$ – элементу присваивается значение $n_p - 1 = 4$ (рис. 5,в). По завершению цикла элементы матрицы отражают количество выпавших на них случаев расположения УКР («накапливают» случаи совпадения элементов УКР в s итерациях). Очевидно, что количество совпадений УКР N в отдельном элементе матрицы, при $n_s \le n_0$, определяется по формуле

$$\left|N\right| = n_s - n_0, \qquad (1)$$

где n_s – значение элемента матрицы в результате s итераций, n_0 – исходное значение элемента матрицы, соответствующего УКР, присвоенное «пустому» элементу.



а б в

а – $p = 4$ (четыре УКР (5) и ОП (8));
б – $p = 5$ (+1 УКР); в – $p = 6$ (+1 УКР)

Рис. 5. Пример «накопления» элементами матрицы случаев совпадения координат УКР

Моделирование в среде MATLAB при использовании команды imagesc позволяет сформировать изображение, положение и цвет пикселей которого соответствует положению и численному значению элементов матрицы. При использовании палитры цветов colormap(gray) окрашивание пикселей осуществляется с градацией серого цвета [8]. Например, за присвоением элементам матрицы 3×3 значений от 1 до 9

следует окрашивание соответствующих пикселей изображения в цвета от черного до белого (рис. 6).

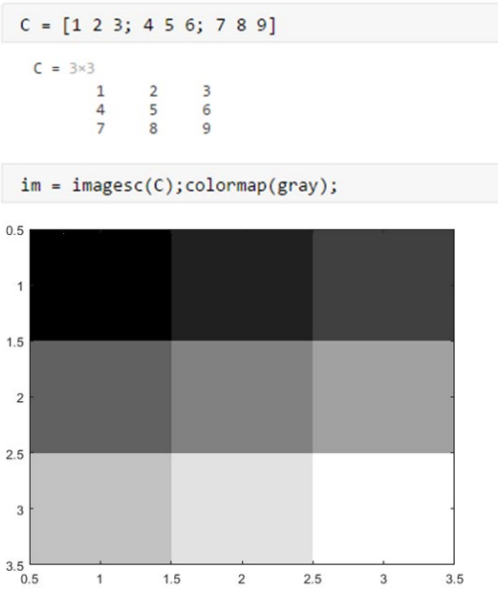


Рис. 6. Демонстрация использования команды imagesc

Формирование изображений с белым фоном осуществляется путем присвоения элементам матрицы численного значения, равного 10, являющимся максимальным из используемых в матрице.

Действие вычитания $n_p - 1$ для повторяющихся элементов УКР определено для обеспечения наглядности изображения, так как при использовании палитры цветов colormap(gray) его пиксели, которым соответствуют элементы матрицы с меньшим числовым значением, окрашиваются в темные оттенки (рис. 6), отчетливо наблюдаемые на белом фоне. Чем темнее пиксель – тем чаще в соответствующем элементе матрицы совпадали элементы УКР в течение процесса моделирования.

В результате формируется изображение, на котором в прямоугольной системе координат отображаются положение ОП, область УКР, область «пустых» элементов (белый фон) и цветовая шкала, отражающая численное значение пикселей (элементов матрицы) (рис. 7).

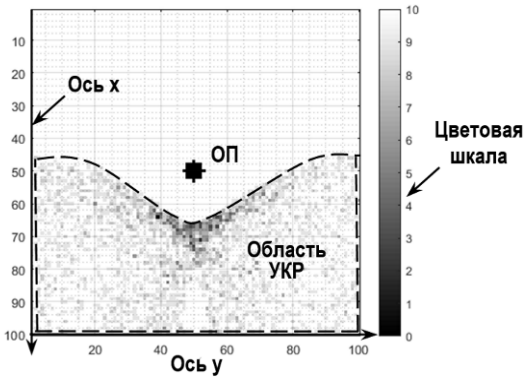


Рис. 7. Пример изображения, полученного с использованием команды imagesc

Таким образом, принимаемые условности и допущения обеспечивают решение задачи определения координат ретрансляторов на местности с использованием компьютерного моделирования.

2. Анализ возможных алгоритмов решения задачи определения координат ретрансляторов

Одним из возможных способов решения задачи определения УКР с использованием электронных вычислительных средств является применение алгоритма полного перебора с использованием цикла, заключающегося в проверке выполнения условия скрытия ОП поочередно для каждого элемента матрицы. В матрице A содержится 10^4 таких элементов. Следовательно, для установления закономерности распределения УКР во всей матрице необходимо совершить 10^4 математических операций.

Но, как известно, реальный воздушный носитель РСА не находится неподвижно в одной точке, а перемещается в пространстве. Изменение положения носителя РСА ведет к изменению его удаления от наземных объектов (ОП и Р) и, как следствие, к смещению формируемой шумовой полосы и уменьшению качества скрытия ОП [7]. Данное обстоятельство требует проведения новых расчетов координат ретранслятора, обеспечивающих прежнее качество скрытия ОП k. Очевидно, что количество математических операций над элементами матрицы возрастает с увеличением количества рассматриваемых точек возможного нахождения носителя РСА в пространстве

$$O_{мо} = l_{эм} \times r_{рса}, \qquad (2)$$

где $O_{мо}$ – количество математический операций, $l_{эм}$ – количество элементов в матрице, $r_{рса}$ – количество рассматриваемых точек положения носителя РСА в пространстве.

Например, предположим, что известно о десяти точках пространства, в которых может находиться носитель РСА. В таком случае, требуемое количество математических операций для определения закона распределения УКР в пределах матрицы A увеличится на порядок с 10^4 до 10^5.

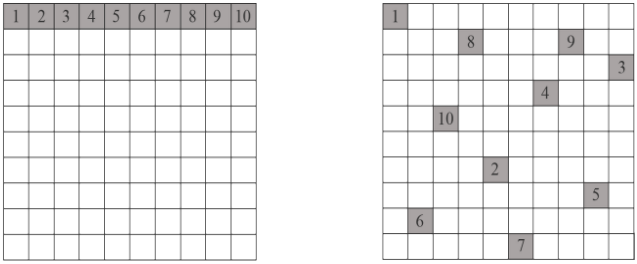
Задача более усложняется, если положение носителя РСА в пространстве является неизвестным. Таким образом, наличие области неопределенности положения носителя РСА в пространстве многократно увеличивает объем вычислений.

Вторым возможным способом решения задачи определения УКР является использование алгоритма случайного перебора, при котором в каждой новой итерации положение ретранслятора задается случайно во всем диапазоне возможных положений элементов матрицы.

Так, например, в матрице размерностью 10×10 результатом десяти опытов при использовании первого алгоритма будут обработаны элементы только первой строки матрицы (рис. 8,а). Состояние элементов оставшейся матрицы останется неизвестным. Для исследования закономерности распределения УКР необходимо провести математические операции над всеми элементами. В результате использования второго алгоритма при равном количестве опытов становится известно состояние элементов, случайно распределенных по всей матрице (рис. 8,б).

Как уже было рассмотрено выше, при использовании первого алгоритма в результате проведения 10^5 итераций становится известно расположение в матрице УКР для десяти возможных положений носителя РСА в пространстве. Дополним исходное условие второго алгоритма тем, что при каждой новой итерации случайное положение будет принимать не только ретранслятор, но и носитель РСА. В таком случае, при проведении такого же числа итераций при использовании второго алгоритма по истечении менее двух минут становится известно о расположении УКР для 10^5 случайных комбинаций координат носителя РСА и ретранслятора (табл. 1).

Сформированные изображения, полученные в результате моделирования по второму алгоритму при различных количествах итераций s, имеют существенные отличия (рис. 9).



а б

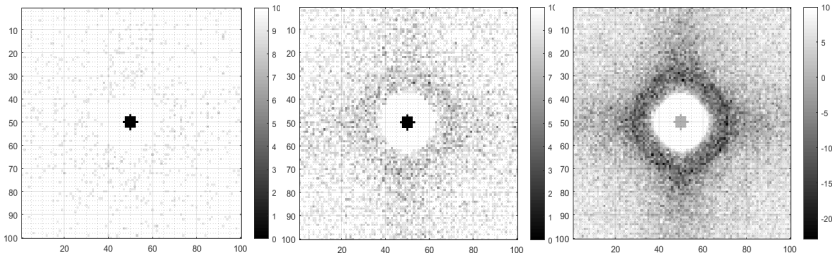
а – алгоритм с полным перебором элементов матрицы;
б – алгоритм с перебором случайных элементов матрицы

Рис. 8. Сравнение алгоритмов решения задачи определения «успешных координат ретрансляторов»

Таблица 1

Время проведения расчетов при различном количестве итераций

№ п/п	Количество итераций, шт.	Время
1	10^4	5 сек.
2	10^5	1 мин. 41 сек.
3	10^6	1 ч. 46 мин. 33 сек
Примечание: расчеты проводились на компьютере с процессором Intel(R) Core(TM) i5-4460 (CPU @ 3.20GHz 3.20GHz) и оперативной памятью 8 Гб		



а б в

а – $s=10^4$ (t=5 сек.); б – $s=10^5$ (t=1 мин. 41 сек.); в – $s=10^6$ (t=1 ч. 46 мин.)

Рис. 9. Зависимость вида изображения от количества итераций

Так, при $s = 10^4$ (рис. 9,а) немногочисленные элементы УКР распределены практически равномерно, а малые числовые значения повторяющихся элементов УКР отражены в светлой окраске пикселей. Установление закономерности распределения УКР затруднено. Недостаточная информативность изображения при минимальном времени расчетов.

При $s = 10^5$ (рис. 9,б) многочисленные элементы УКР распределены с заметным выделением области компактного размещения повторяющихся элементов УКР. Числовые значения повторяющихся элементов УКР обеспечивают окраску пикселей в темные тона, хорошо заметные на белом фоне. Закономерность распределения УКР хорошо прослеживается. Достаточная информативность изображения при малом времени расчетов.

При $s = 10^6$ (рис. 9,в) большое количество элементов УКР распределены с существенным выделением области компактного размещения повторяющихся элементов УКР. Числовые значения повторяющихся элементов УКР отражены в темной окраске пикселей. Закономерность распределения УКР отчетливо прослеживается. Лучшая информативность изображения при максимальном времени расчетов.

Из анализа следует, что оптимальное изображение (с точки зрения информативности и временных затрат) формируется при $s = 10^5$.

Таким образом, второй алгоритм характеризуется отсутствием жестких требований к количеству опытов, необходимого для достижения цели исследования. Оно может быть выбрано таким, при котором количество обработанных элементов матрицы будет приемлемым для установления закономерности распределения УКР. Очевидно, что второй алгоритм является более информативным по сравнению с первым при меньших вычислительных затратах.

В методике, описанной далее, используется второй алгоритм, формирование изображения в котором осуществляется в результате 10^5 итераций.

3. Методика определения координат ретрансляторов

Для определения УКР с помощью пакета прикладных программ MATLAB использовались команда for, с помощью которой задавались параметры начала и окончания циклов, команды if, elseif, else, определяющие соответствие числовых значений заданным требованиям, и команда imagesc, описанная ранее.

Для определения координат ретрансляторов составлен программный код, структура которого представлена на рис. 10.

Методика определения координат ретрансляторов включает:

1. ввод исходных данных (размерность матрицы; аппаратное время задержки; скорость света в свободном пространстве; диапазон случайного изменения координат ретранслятора и носителя РСА; координата ОП и его протяженность; ширина шумовой полосы; пороговое значение качества скрытия ОП k; количество итераций в цикле s);

2. формирование «нулевой» матрицы с заданной размерностью (подготовка рабочей плоскости пространства);

3. цикл №1 – расчет качества скрытия ОП для случайных комбинаций координат ретранслятора и носителя РСА. В каждой итерации осуществляется: внесение в матрицу координат ОП, случайных координат ретранслятора и РСА, расчет наклонных дальностей между ними; расчет положения формируемой шумовой полосы; подсчет количества повторяющихся элементов УКР и качества скрытия ОП k; заполнение массива данных $M\left\{p, x_p, y_p, k_p\right\}$, где $p = 1...s$ – номер итерации (номер строки массива), x_p – значение координаты ретранслятора по оси x в данной итерации (значение первого столбца массива), y_p – значение координаты ретранслятора по оси y в данной итерации (значение второго столбца массива), k_p – значение качества скрытия ОП в данной итерации (значение третьего столбца массива); «очистка» рабочей плоскости пространства путем присвоения элементам матрицы «нулевых» значений;

4. внесение в матрицу координат ОП;

5. цикл № 2 – формирование матрицы расположения УКР. В ходе итераций осуществляется поочередное внесение в матрицу координат ретранслятора из массива данных $M\left\{p, x_p, y_p, k_p\right\}$ при выполнении условия $k_p \geq k$;

6. формирование изображения с использованием команды imagesc.

Для анализа закономерности распределения УКР рассматривалось четыре случая, при которых носитель РСА при каждой новой итерации:

1. был неподвижен;

2. принимал случайные положения по оси y (горизонтальной) при фиксированном значении по оси x;

3. принимал случайные положения по оси x (вертикальной) при фиксированном значении по оси y;

4. принимал случайные положения во всей области пространства.

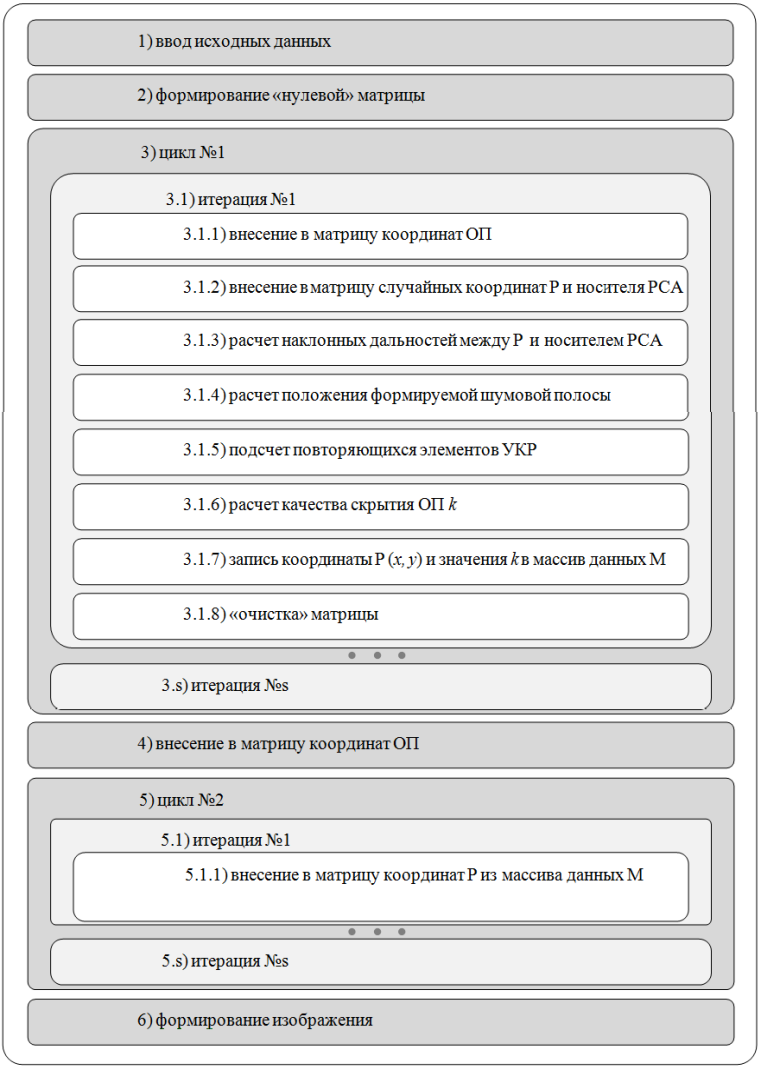


Рис. 10. Структура программного кода методики определения координат ретрансляторов на местности

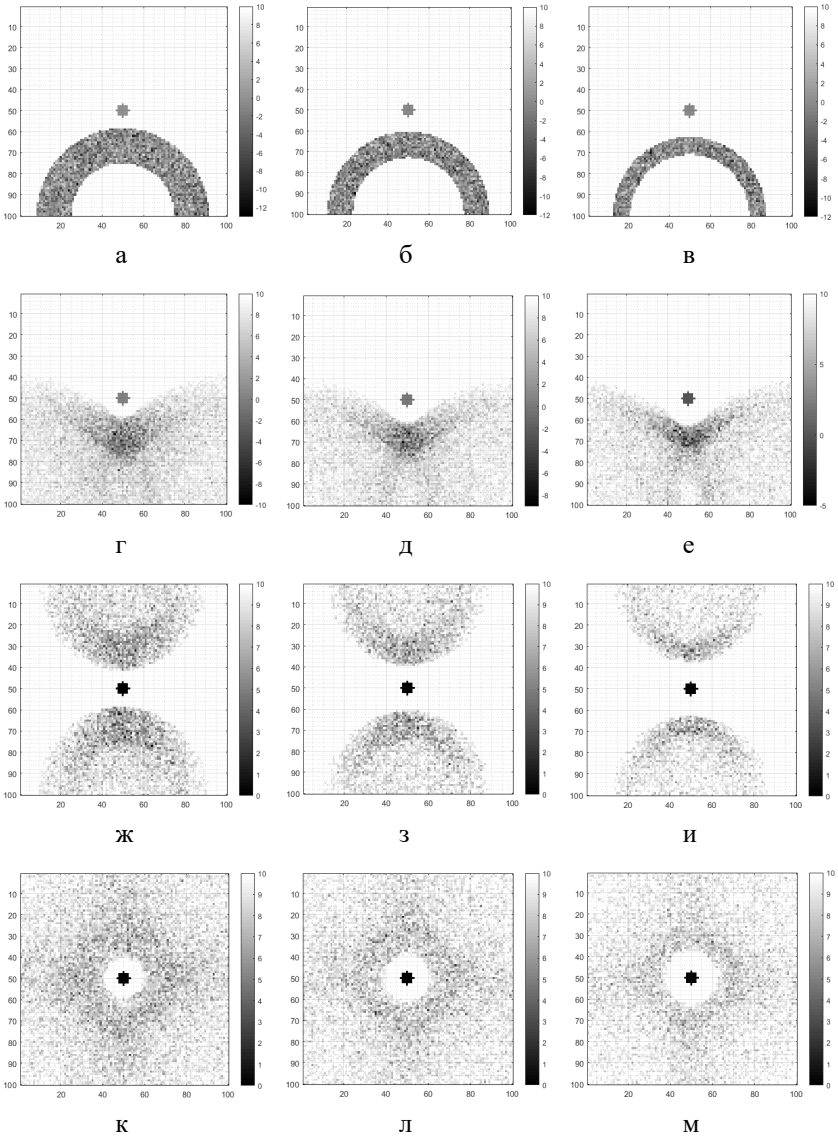
Положение ОП в ходе моделирования задано неподвижным в центре матрицы, положение ретранслятора – случайным.

В первом случае положения РСА (в центре нижней строки матрицы (100;50)) при низком качестве скрытия ОП k, когда координата ретранслятора обеспечивает скрытие не менее 20% поверхности ОП, на изображении область УКР имеет вид широкой дуги с центром в точке расположения РСА (рис. 11,а). Повышение качества скрытия до 80% сопровождается уменьшением толщины дуги, что свидетельствует об ужесточении требований к размещению ретранслятора (рис. 11,б,в). Отсутствие УКР между дугой и ОП характеризуется особенностью обработки сигнала РСА в процессе ретрансляции (аппаратным временем задержки) [6], шириной шумовой полосы и требуемым качеством скрытия ОП k. Так как УКР практически равномерно распределены по всей дуге, то и размещение Р в любом месте данной области будет одинаково эффективно.

В результате моделирования второго случая, когда область случайных положений РСА совпадает с нижней строкой матрицы (x=100), области с наиболее плотным затенением соответствуют областям, в которых чаще встречаются повторяющиеся элементы УКР, при размещении в которых ретрансляторы обеспечивают скрытие ОП при неопределенности положения РСА с большей вероятностью с заданным качеством k (рис. 11,г). При повышении требования к качеству скрытия наблюдается уменьшение размеров области плотного расположения УКР, а следовательно и области эффективного размещения ретрансляторов для данных условий (рис. 11,д,е).

В третьем случае, когда ось возможных положений РСА проходит вертикально через центр ОП (y=50), области затенения при неоднозначности положения РСА по оси x, соответствуют областям, где размещение ретранслятора наиболее целесообразно для эффективного скрытия ОП (рис. 11,ж). При повышении требования к качеству скрытия наблюдается уменьшение размеров областей плотного расположения УКР (рис. 13,з,и).

В четвертом случае, при неоднозначности положения РСА во всей области, наибольшая плотность УКР наблюдается вокруг ОП (рис. 11,к,л,м). С увеличением требуемого качества скрытия ОП k размер области плотного расположения УКР уменьшается. Наибольшая плотность УКР наблюдается вблизи ОП, образуя область в виде «кольца». Очевидно, что при размещении в пределах «кольца» ретрансляторы с большей вероятностью обеспечат скрытие ОП от средств радиолокационного мониторинга с требуемым качеством k.



а, г, ж, к – k > 20%; б, д, з, л – k > 50%; в, е, и, м – k > 80%

Рис. 11. Закономерность распределения УКР при различных положениях носителя РСА и качестве скрытия ОП k

Заключение

С помощью средств компьютерного моделирования MATLAB продемонстрирована методика расчета координат, при размещении на которых ретрансляторы обеспечивают скрытие наземного объекта от средств воздушного радиолокационного мониторинга с заданным качеством.

В результате проведенного анализа закономерности распределения УКР установлено:

– при увеличении требований к качеству скрытия прикрываемого объекта уменьшается область, в которой размещение ретрансляторов наиболее эффективно;

– вокруг прикрываемого объекта наблюдается область, в пределах которой УКР отсутствуют по причине наличия аппаратного времени задержки сигнала РСА в процессе ретрансляции.

Направлением дальнейших исследований может быть определение минимально необходимого количества ретрансляторов для скрытия наземного объекта в заданном секторе или вкруговую с учетом диаграмм направленности антенн РСА и постановщика помех.

Прикладное значение полученных результатов заключается в возможности перевода адреса отдельного элемента матрицы в плоские прямоугольные координаты. Размещение реального ретранслятора на такой позиции обеспечит скрытие прикрываемого объекта с требуемым качеством при заданной области неопределенности положения носителя РСА в пространстве.

Список литературы

1. 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.

2. Киселев, В.А. К каким войнам необходимо готовить Вооруженные Силы России / В.А. Киселев // Военная мысль. – 2017. – № 3. – С. 37-47.

3. Матвеевский, М.М. Организация и ведение разведки в интересах боевого применения ракетных войск и артиллерии в современных операциях / М.М. Матвеевский, М.А. Сафронов // Военная мысль. – 2017. – № 10. – С. 5-10.

4. Фадеев, А.С. Военные конфликты современности, перспективы развития способов их ведения. Прямые и непрямые действия в вооруженных конфликтах XXI века / А.С. Фадеев, В.И. Ничипор // Военная мысль. – 2019. – № 9. – С. 33-42.

5. Богомолов, А.В. Малогабаритная двухдиапазонная РСА для беспилотного авиационного комплекса / А.В. Богомолов, И.Ф. Купряшкин, В.П. Лихачев, Л.Б. Рязанцев // Труды XXIX Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред». СПб., 2015. – Вып. 11. – С. 235-240.

6. Купряшкин, И.Ф. Способ противодействия бортовым радиолокационным системам с непрерывным частотно-модулированным сигналом / И.Ф. Купряшкин, А.С. Мазин, В.П. Лихачев // Сборник научных статей по материалам I Всероссийской научно-практической конференции «Радиоэлектронная борьба в современном мире». – Воронеж, 2019. – С. 151-156.

7. Купряшкин, И.Ф. Применение ретрансляционных помех для скрытия наземных объектов от средств видовой радиолокационной разведки, размещенных на беспилотных летательных аппаратах / И.Ф. Купряшкин, А.С. Мазин, В.П. Лихачев // Современное состояние, актуальные проблемы и перспективные направления развития авиационного радиоэлектронного оборудования. Сборник научных статей по материалам VII Международной НПК «Академические Жуковские чтения» – Воронеж, 2019. – С. 127-132.

8. MATLAB for Artificial Intelligence [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/imagesc.html

Моделирование статистических распределений с использованием метода Монте-Карло

А. А. Маляр, email: alexei002@yandex.ru
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. *Представляется алгоритм, позволяющий моделировать экспоненциальное и нормальное распределение случайной величины с использованием метода Монте-Карло. Рассмотрено его применение на модельном примере.*

Ключевые слова: *равномерное распределение, метод Монте-Карло, экспоненциальное распределение, нормальное распределение.*

Введение

Статистическое моделирование является мощным инструментом при проведении различного рода аналитических исследований. Оно позволяет перейти от натурных экспериментов по изучению процессов и явлений к их описанию различными статистическими распределениями. В основе этого моделирования лежит метод, получивший название метода Монте-Карло. Результаты процесса моделирования позволяют сделать выводы о поведении рассматриваемого процесса или явления в случае если нет возможности применять другие методы его исследования. Возможности современного пакета Microsoft Excel позволяют проводить большое число статистических испытаний, что вполне может быть использовано, для решения некоторых конкретных задач, например для расчета определенных интегралов.

1. Моделирование распределений

За основу для моделирования принято равномерное распределение случайной величины ($X_{\text{равн}}$) в прямоугольнике с основанием $(b-a)$ и шириной c. Функция плотности этого распределения имеет вид [1, 2]:

© Маляр А. А., Драбо А. И., Пигарев А. Е., Животворев А. С., 2021

$$f(X_{\text{равн}}) = \begin{cases} 0, & \text{при } X \le a, \\ 1/(b-a)c, & \text{при } a < X \le b, \\ 0, & \text{при } X > b. \end{cases} \quad (1)$$

Для задания равномерного распределения в Microsoft Excel с использованием редактора кода VBA создан макрос, содержание которого приведено в листинге 1.

Листинг 1

Задание равномерного распределения

```
Range("F4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Range("F4").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("F4:F1003"),
Type:=xlFillDefault
Range("F4:F1003").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-111
Range("G4").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RAND()"
Range("G4").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("G4:G1003"),
Type:=xlFillDefault
Range("G4:G1003").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-111
End Sub
```

Использование макросов удобно при многократном повторении одной и той же процедуры. В тесте редактора макроса имеется возможность легко установить необходимое количество испытаний. Результатом работы данного макроса являются два ряда равномерно распределенной случайной величины r_i и R_i длиной по 1000 значений.

Для моделирования экспоненциально распределенной случайной величины ($X_{\text{эксп}}$) использована функция плотности [1, 2]

$$f(X_{эксп}) = \begin{cases} 0, & при\ X \le 0, \\ \lambda e^{-\lambda X}, & при\ X > 0. \end{cases} \quad (2)$$

где λ – постоянная положительная величина.

Тогда

$$F(X_{эксп}) = \int_0^X f(x)dx = 1 - e^{-\lambda X}. \quad (3)$$

Если

$$R_{эксп} = 1 - e^{-\lambda X}, \tag{4}$$

то можно получить

$$X_{эксп} = \frac{\ln|1 - R_{эксп}|}{\lambda} \tag{5}$$

где $R_{равн}$ – равномерно распределенные случайные числа, полученные в результате работы макроса, приведенного в листинге 1.

На рис. 1 показана гистограмма смоделированного по формуле (5) экспоненциального распределения для n = 1000 испытаний.



Рис. 1. Гистограмма экспоненциального распределения

Для получения распределения случайной величины, распределенной по нормальному закону $X_{норм}$, использована функция плотности распределения в виде [1, 2]

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}, \tag{6}$$

где $z = \dfrac{X_{равн} - M(X_{равн})}{\sigma(X_{равн})}$ – центрированная и нормированная случайная величина $X_{равн}$, $M(X_{равн})$ и $\sigma(X_{равн})$ – оценки математического ожидания и СКО равномерно распределенной случайной величины $X_{равн}$.

Интегрирование (6) позволяет перейти к функции распределения:

$$F(z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{z}e^{-\frac{t^2}{2}}dt=\Phi(z)+0{,}5\,, \tag{7}$$

где $\Phi(z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{z}e^{-\frac{t^2}{2}}dt$ – функция Лапласа, для определения которой использована встроенная функция Microsoft Excel.

Как и в случае с экспоненциально распределенной случайной величиной, примем соответствие

$$R_{\text{норм}}=F(z)=\Phi(z)+0{,}5\,, \tag{8}$$

на основании которого можно записать:

$$X_{\text{норм}}=\sigma(X_{\text{равн}})\Phi^{-1}(R_{\text{норм}})+M(X_{\text{равн}})-0{,}5\,. \tag{9}$$

На рис. 2 показана гистограмма смоделированного по формуле (9) нормального распределения для того же числа испытаний.

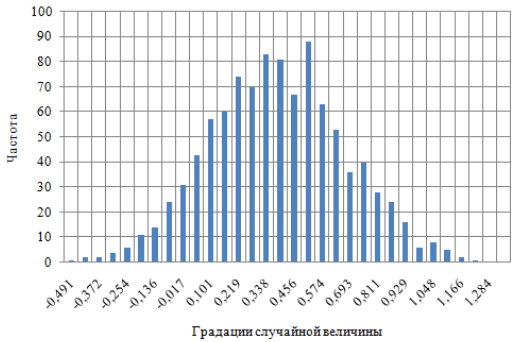


Рис. 2. Гистограмма нормального распределения

Использование выражений (5) и (9) позволяет получить случайные величины $X_{\text{эксп}}$ и $X_{\text{норм}}$, распределенные по экспоненциальному и нормальному законам распределения соответственно.

2. Оценка погрешности метода Монте-Карло при расчете определенных интегралов на модельном примере

Применение на практике результатов работы макроса и формул (5) и (9) делает возможным расчет определенных интегралов, аналитическое вычисление которых вызывает существенные

затруднения, то есть первообразная у которых не является элементарной функцией. В качестве модельного интеграла выбран интеграл

$$I_1 = \int_0^2 (x^2 - x + 4)dx \qquad (10)$$

,

истинное значение которого легко можно получить путем непосредственного интегрирования:

$$I_1 = \int_0^2 (x^2 - x + 4)dx = \frac{1}{3}x^3\Big|_0^2 - \frac{1}{2}x^2\Big|_0^2 + 4x\Big|_0^2 \approx 8,(6) \qquad (11)$$

,

Формула для расчета определенного интеграла с использованием одной из разновидностей метода Монте-Карло имеет вид:

$$I^* = \frac{(b-a)}{n}\sum_{i=1}^{n} f\left[a + (b-a)r_i\right] \qquad (12)$$

где a и b – пределы интегрирования, r_i – наборы случайных величин, распределенных по равномерному, экспоненциальному и нормальному законам распределения соответственно, полученные с использованием макроса и смоделированные по формулам (5) и (9).

В таблице приведены результаты расчета интеграла (10) и значения погрешностей как модулей разности между истинным и рассчитанными значениями.

Таблица

Рассчитанные значения интеграла (10) и погрешности расчета

Вид распределения	Число испытаний n			
	1000		5000	
	Значение интеграла	Погрешность	Значение интеграла	Погрешность
Равномерное	8,399	0,201	8,671	0,071
Экспоненциальное	8,656	0,056	9,946	1,346
Нормальное	8,080	0,520	8,262	0,338
Истинное значение	8,6(6)		8,6(6)	

Заключение

Проведенное исследование показало, что разработанный алгоритм позволяет моделировать экспоненциальное и нормальное распределение случайной величины с использованием метода Монте-Карло. Оценка погрешности метода Монте-Карло, полученная на модельном примере, говорит о возможности расчета определенных интегралов, используя не только равномерное, но и другие виды распределений. Значительное увеличение числа испытаний показывает, что получаемые значения интегралов имеют удовлетворительную погрешность, однако погрешность увеличивается, следовательно, увеличение числа испытаний теряет смысл. Полученный алгоритм можно использовать для решения более сложных интегралов, например от быстро осциллирующих функций.

Список литературы

1. Теория вероятностей и математическая статистика / под ред. В. И. Ермакова. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 288 с.

2. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для бакалавров / В. Е. Гмурман; пер. с англ. П. А. Волковой. – 12-е изд-е. М. : Юрайт, 2013. – 480 с.

Методика восстановления поля ветра для метеорологического обеспечения беспилотной авиации при решении задач специального мониторинга

А. Б. Мартьяшкин, email: martsash@mail.ru

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

Аннотация. *В работе предложена методика восстановления поля ветра по спутниковой информации для метеорологического обеспечения беспилотной авиации в условиях дефицита данных наземных наблюдений*

Ключевые слова: *Беспилотная авиация, поле ветра, 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.

1. Влияние метеорологических условий на беспилотные летательные аппараты

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) включает в себя систему по выполнению сбора разведывательных данных в режиме реального времени и корректирования артиллерийского огня. Система состоит из двух подсистем наземной станции управления и БПЛА [1].

Все подсистемы БПЛА являются отказоустойчивыми и полностью обеспечены резервными средствами. То есть БПЛА является полностью автономной, безопасной и высоконадежной в эксплуатации системой. Однако метеорологические условия оказывают значительное влияние на полет БПЛА, полноту и возможность полетного задания. Особенное влияние оказывает температурный и ветровой режим атмосферы, наличие облаков, осадков и опасных явлений погоды. Поэтому, руководителю полетов перед вылетом необходимо правильно оценить погодные условия на всем протяжении маршрута, в районе выполнения задания, на взлетно-посадочной площадке (полосе). Параметры ветра

© Мартьяшкин А. Б., 2021

влияют на дальность, радиус действия продолжительность полета БПЛА.

Известно также, что большое число летных происшествий происходит при взлете и посаде БПЛА в условиях значений попутной, встречной и боковой составляющих ветра близким к критическим или превышающих их. Особенно опасны большие сдвиги ветра, которые могут привести к резкому изменению траектории полета, выходу на закретичесие углы атаки, сваливанию летательного аппарата и столкновению с землей. Максимальная скорость ветра для большинства современных и перспективных БПЛА составляет 15 м/с, при скорости ветра 30 м/с и более однозначно происходит потеря БПЛА.

Исходя из вышесказанного, учет параметров ветра при метеорологическом обеспечении полетов БПЛА различных типов просто необходим. Особенную важность этот вопрос приобретает при выполнении специальных задач над территориями с отсутствием данных фактических наземных метеорологических наблюдений, в том числе и за параметрами ветра. Для решения этой проблемы предлагается использовать данные с метеорологических спутников.

Целью настоящей работы является разработка методики восстановления поля ветра для метеорологического обеспечения беспилотной авиации при решении задач специального мониторинга в условиях дефицита или отсутствия данных наземных метеорологических наблюдений

2. Методика восстановления поля ветра для метеорологического обеспечения беспилотной авиации при решении задач специального мониторинга

Рассмотрим движение единичного объема воздуха. Под действием силы барического градиента воздушная частица получает ускорение и приобретает скорость в направлении от высокого давления к низкому. Как только возникло движение, начинает действовать отклоняющая сила вращения Земли, направленная под прямым углом вправо в северном полушарии. Увеличение и поворот скорости будут происходить до тех пор, пока отклоняющая сила не станет уравновешивать барический градиент. Это будет иметь место в том случае, когда скорость движения частицы направлена по касательной к изобаре. Это справедливо для каждой точки воздушной массы в циклоне. Поэтому в циклоне частицы воздуха перемещаются вдоль изобар против часовой стрелки, оставляя низкое давление слева. Это установившееся горизонтальное движение

© Мартьяшкин А.Б., 2021

вдоль изобар и носит название градиентного ветра, который в центре циклона обращается в нуль, а с удалением от центра при сохранении густоты изобар скорость градиентного ветра возрастает [2].

В приземном слое атмосферы сила трения отклоняет ветер от изобары в среднем на 35° – 45° над сушей и на 15° над морем. То есть, направление движение воздуха в циклоне сходится к центру и может быть описана логарифмической, гиперболической или архимедовой спиралью с различными углами закрученности. Циклоны внетропических широт, имеющие траектории движения с запада на восток наилучшим образом описываются логарифмическими спиралями. При этом увеличение угла закрученности спирали характеризует степень развития циклона. То есть, каждой стадии развития циклона можно сопоставить определенные градации углов закрученности логарифмических спиралей.

В процессе исследований с применением процедуры кластерного анализа выделены градации углов закрученности логарифмической спирали соответствующие различным стадиям развития циклонов.

Распределение градиента давления, которое определяет поле ветра в области циклона очень неоднородно. При приближении и прохождении атмосферного фронта вид и форма барической ложбины резко меняется, что приводит к резким изменениям направления и скорости ветра. А при наличии кучево-дождевой облачности, могут возникать порывы ветра до 20 – 30 м/с и более. Для учета особенностей барического поля в циклоне предложено разбить область циклона линиями тока идущими из центра, на восемь секторов (через 45°), которые изображены на рисунке.

На следующем этапе исследования выявлено три класса с некоторым сходством особенностей распределения ветра. Первый класс включает в себя секторы 1, 2 и 3, что соответствует тыловой части циклона. Второй класс – секторы 4, 5, 6, что соответствует северной периферии циклона. Третий класс – секторы 7, 8 соответствуют передней части ложбины с атмосферным фронтом.

С использованием регрессионного анализа, выявлена связь скорости ветра в любой точке циклона от удаления этой точки до центра атмосферного вихря для каждого класса в отдельности. Для учета различных размеров облачных вихрей предложено использовать величину относительного расстояния (R) до точки восстановления скорости ветра, который равен отношению расстояния от точки, в которой ведется расчет ветра до центра циклона к радиусу циклона.

Для выявления тесноты и вида статистической зависимости вычислены коэффициенты корреляции и корреляционные отношения.

Значения корреляционных отношений значительно превышают коэффициенты корреляции и лежат в диапазоне 0,52 – 0,83, что означает наличие довольно тесной нелинейной связи между рассматриваемыми переменными.

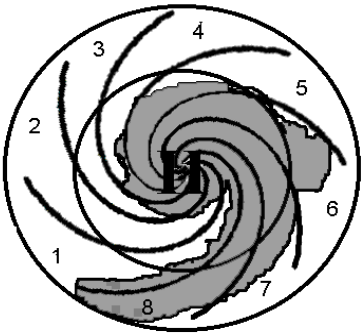


Рисунок. Схема разбиения циклона на сектора

Для получения конкретного вида зависимости методом наименьших квадратов построены полиномиальные уравнения регрессии от первой до пятой степени. Проведена оценка качества каждого уравнения, отобраны наилучшие, которые и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уравнения регрессии для различных стадий развития циклонов

Первая и вторая (начальная) стадия развития		Третья (максимального развития) стадия		Четвертая стадия (заполнение циклона)	
Класс	Уравнения регрессии	Класс	Уравнения регрессии	Класс	Уравнения регрессии
1	$V = -15{,}2R^2 + 4{,}8R + 1{,}7$	1	$V = -13{,}1R^2 + 23{,}6R + 1{,}3$	1	$V = -8{,}5R^2 + 12{,}8R + 2{,}1$
2	$V = -8{,}1R^2 + 16{,}7R + 2{,}1$	2	$V = -17{,}9R^2 + 26{,}7R + 0{,}6$	2	$V = -9{,}5R^2 + 15{,}3R + 2{,}9$
3	$V = -18{,}2R^2 + 33{,}7R + 1{,}8$	3	$V = -16{,}9R^2 + 28{,}6R + 1{,}3$	3	$V = -9{,}3R^2 + 10{,}1R + 2{,}4$

Среднеквадратическая ошибка восстановления скорости ветра составляет 2 –5 м/с.

Для восстановления поля направления ветра, на основе анализа архивной выборки, выявлены наиболее вероятные значения отклонения направления ветра от линии тока (логарифмической спирали) для каждого сектора (Δφ). Результаты сведены в таблицу 2. Направление ветра в пункте восстановления вычисляется по формуле

$$d = g - \alpha + \Delta\varphi,$$

где g – азимутальное направление от центра циклона на точку восстановления направления ветра; α – угол закрученности логарифмической спирали; Δφ – наиболее вероятное (вероятность не менее 0,85) приращение направления ветра для каждого сектора.

Таблица 2

Отклонения направления ветра от линий тока в различных секторах

Стадия развития циклона	Номер сектора							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Первая и вторая (начальная) стадия развития	50	20	0	-10	-10	0	10	-20
Третья (максимального развития) стадия	40	20	10	0	-10	10	10	-20
Четвертая стадия (заполнение циклона)	30	10	-10	10	0	-10	-10	-10

Заключение

Таким образом, в настоящей работе представлена методика восстановления поля ветра для метеорологического обеспечения беспилотной авиации при решении задач специального мониторинга в условиях дефицита или отсутствия данных наземных метеорологических наблюдений.

Список литературы

1. Руководство по летной эксплуатации. Система БПЛА. – 428 с.
2. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л. : Гидрометеоиздат, 1991. – 459 с.

Особенности технической реализации малогабаритного имитатора X диапазона

Д. В. Маслов, email:Den Maslov 98@mail.ru
В. Н. Похващев, email: mlst82@mail.ru
Д. Н. Швыряев, email: no_pasaran_36@mail.ru

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

Аннотация. *Статья посвящена краткому рассмотрению вопросов выбора генератора и передающей антенны для малогабаритного имитатора X диапазона для специальных летательных аппаратов.*

Ключевые слова: *генератор, управляемый напряжением, имитатор, планарная антенна радиоэлектронное средство.*

Введение

Опыт практической подготовки специалистов в области эксплуатации и применения авиационных средств и комплексов радиоэлектронной борьбы свидетельствует о серьезных проблемах в вопросах организации имитации радиоэлектронной обстановки. В первую очередь это связано с ограничениями вызванными особенностями размещения аппаратуры, как правило, она установлена на воздушных судах и интегрирована в их систему электропитания, что не позволяет использовать средства генерации сигналов общего назначения, при этом специализированные средства на вооружении ВВС РФ в настоящее время отсутствуют.

Так, например, при обучении специалистов радиоэлектронной борьбы особенностями применения специального вертолета Ми-8 СМВ-ПГ (общий вид представлен на рис. 1), необходимо выполнить реальный полет, в процессе которого включить системы разведки и осуществить поиск функционирующих радиоэлектронных средств (РЭС) и последующем, оценивая эффективность, выбирать наиболее рациональные режимы работы соответствующей аппаратуры. Все это в условиях организации обучения больших и малых групп (до 15 человек) на одном образце техники является достаточно сложной задачей.

Одним из вариантов выхода из данной ситуации, по мнению российских и иностранных авторов, является разработка и применение малогабаритного имитатора X диапазона в интересах организации

© Маслов Д. В., Похващев В. Н., Швыряев Д. Н., 2021

обучения больших и малых групп, а также для проведения наземной проверки исправности систем воздушного судна.



Рис. 1. Специальный вертолет Ми-8СМВ-ПГ

Требования к имитатору

Рассмотрим особенности разработки имитатора сигналов X диапазона, на примере вышеуказанного. В целом имитатор должен удовлетворять следующим требования:

– соответствующий диапазон частот;
– надежность;
– мобильность;
– быстродействие;
– простота использования;
– малые масса- габаритные параметры;
– большое время работы на отказ;
– малые энергетические затраты;
– универсальность (возможность использования для проверки воздушных судов с подсистемами разведки, схожими по принципу построения с вертолетом типа Ми-8СМВ-ПГ);
– малая стоимость элементной мазы для создания данного устройства;
– отсутствие необходимости настройки перед применением.

Проведя анализ предъявленных требований к имитатору, можно сделать вывод, что основу данного устройства будет составлять генератор.

Выбор генератора и передающей антенны

Рассмотрим два основных типа генераторов и определим какой будет лучше удовлетворять требованиям, предъявленным к данному устройству:

– автогенераторы;
– генераторы с внешним возбуждением.

Общеизвестным фактом является то, что основное назначение генератора состоит в преобразовании энергии источника постоянного тока в энергию ВЧ или СВЧ колебаний. Преобразование энергии источника питания в энергию колебаний в генераторах осуществляется с помощью электрически управляемых электронных приборов, обладающих усилительными свойствами. В основу работы всех типов генераторов положен общий физический принцип функционирования: взаимодействие потока движущихся носителей заряда с электромагнитным полем [1].

В качестве основного электронного прибора в генераторах применяются:

– электровакуумные приборы (триоды, тетроды);
– полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды);
– клистроны;
– лампы бегущей волны;
– приборы магнетронного типа;
– кристаллы (кварц).

Для дальнейшей технической реализации устройства, в нашем случае, могут подойти генератор на клистроне, генератор на диоде, генератор на кристалле и генератор на лампе бегущей волны. Остальные представленные типы генераторов не подходят, по причине того, что используются только в ВЧ диапазоне.

Исходя из анализа представленных вариантов генераторов, был выбран генератор, управляемый напряжением (ГУН), изготовленный на кристалле. Данный тип генератора обладает высокой стабильностью, хорошими энергетическими параметрами с точки зрения потребляемой генератором мощности и выходной мощности сигнала, малыми масса-габаритными параметрами, относительно низкой стоимостью и требуемыми для данной задачи параметрами. Все перечисленные достоинства данного генератора сделали его явным лидером среди других генераторов для создания имитатора РЭО. Наиболее подходящим по критерию цена-качество стал генератор фирмы Analog Devices.

Более детально рассмотрим принцип построения и функционирования данного ГУН. Он представляет собой контроллер, изготовленный из кристалла, установленный на подложку с выводами полной и половинной частоты, а также с выводом для питания самого контроллера. Генератор способен работать в достаточно широком диапазоне температур, выдавать необходимые показатели выходной мощности и фазового шума [2]. Тактико-технические характеристики генератора представлены в таблице.

Таблица

Тактико-технические характеристики генератора фирмы Analog Device

Диапазон частот	9,65 ГГц-10,41 ГГц 4,825 ГГц-5,205 ГГц
Входная мощность	11 дБм
Однополосный фазовый шум	-114 дБм/Гц на 100 кГц
Входы/Выходы	3
Постоянный ток для 10 ГГц	24 мА

Так же, необходимо отметить, что не маловажным элементом имитатора является передающая антенна. При выборе которой имеет место множество разных факторов, таких как частота, малые габариты, уровень усиления сигнала, угол раскрытия лепестка, резонанс и так далее, которые необходимо рассчитать с помощью расчетно-информационных программ таких как MATLAB. Проведенные расчеты показали, что наиболее подходящая для данного устройства будет патч-антенна – слабонаправленная антенна, состоящая из тонкой плоской металлической пластины (пятачка) расположенной на малом (0.01…0.1λ) расстоянии параллельно плоскому металлическому экрану. Питание антенны осуществляется штырем, проходящим сквозь экран и смещенным от центра прямоугольника в сторону одной из его излучающих сторон, либо микрополосковой линией, сигнальный проводник которой расположен в плоскости пятачка и подходит к одной из его излучающих сторон, как в нашем случае. Результаты моделирования представлены на рис. 2 и 3.

Заключение

Подводя итоги можно сделать вывод, что для решения поставленной задачи, технической реализации малогабаритного имитатора X диапазона, выбранный генератор, управляемый напряжением и патч-антенна, полностью соответствует всем предъявленным требованиям, одним из которых стало формирование сигнала в X диапазоне с необходимым уровнем усиления, дешевизна и малые габариты устройства.

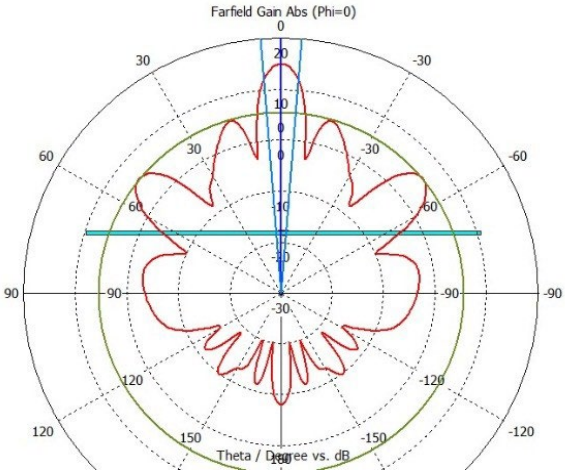


Рис. 2. Результат моделирования диаграммы направленности антенны имитатора

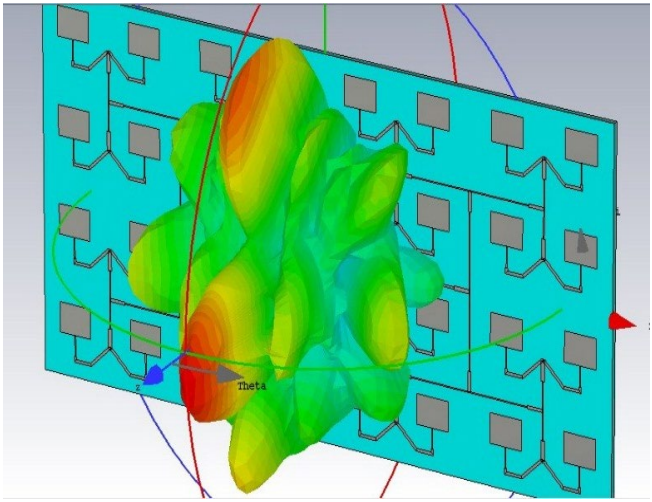


Рис. 3. Результирующее распределение поля на выходе антенны

Список литературы

1. Сараев, А. А. К вопросу о необходимости разработки тренажерных средств для подготовки бортовых операторов / А. А. Сараев, Д. Н. Швыряев // Современное состояние, актуальные

проблемы и перспективные направления развития авиационного радиоэлектронного оборудования : сб. науч. статей по материалам VII Международной научно-практической конференции "Академические Жуковские чтения" (Воронеж, 20-21 ноября 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 136-140.

2. Пашков, В. В. Радиоприемные устройства : учебное пособие / В. В. Пашков. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.

Применение пакетов аналитических вычислений к изучению тензоров Риччи инвариантных связностей

Н. П. Можей, e-mail: mozheynatalya@mail.ru

[1] Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Работа посвящена применению пакетов аналитических вычислений к изучению тензоров Риччи инвариантных связностей. Наиболее эффективное решение этой задачи возможно в системе Maple. Находятся и выписываются в явном виде тензоры Риччи инвариантных аффинных связностей на трехмерных однородных пространствах.*

Ключевые слова: *компьютерная математика, тензор Риччи, однородное пространство, группа преобразований, аффинная связность.*

Введение

Современное программное обеспечение для использования в математических вычислениях представляет собой более или менее полную систему, включающую метод представления нечисловых данных, язык, позволяющий ими манипулировать, и библиотеку функций для выполнения базисных алгебраических операций. Все чаще системы символьной математики используются для решения задач аналитической и дифференциальной геометрии.

Гладкое многообразие обобщает кривые и поверхности трехмерного евклидова пространства, рассматриваемые локально в классической дифференциальной геометрии и глобально в аналитической геометрии. Тензор Риччи задаёт один из способов измерения кривизны многообразия (степени отличия геометрии многообразия от геометрии плоского пространства). Данная работа посвящена изучению тензоров Риччи инвариантных аффинных связностей на трехмерных однородных пространствах с помощью пакетов аналитических вычислений, она является продолжением исследований в области дифференциальной геометрии с использованием новейших разработок компьютерной алгебры. Целью работы является создание алгоритмов и программ в среде пакета Maple для исследования тензоров Риччи инвариантных аффинных связностей на однородных пространствах. Исследование проводится следующим

© Можей Н. П., 2021

образом: строится удобная для вычислительной работы модель объекта, создается программа для реализации в системе аналитических расчетов Maple, проводятся вычисления, анализ и истолкование полученных результатов, изучаются возможности уточнения модели.

Основная часть

Пусть M – дифференцируемое многообразие, на котором транзитивно действует группа $\overline{G}$, $G = \overline{G}_x$ – стабилизатор произвольной точки $x \in M$. Необходимое условие существования аффинной связности – представление изотропии для G должно быть точным, если $\overline{G}$ эффективна на $\overline{G}/G$. Пусть $\overline{\mathfrak{g}}$ – алгебра Ли группы Ли $\overline{G}$, а $\mathfrak{g}$ – подалгебра, соответствующая подгруппе G. Пара $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называется изотропно-точной, если точно изотропное представление подалгебры $\mathfrak{g}$. Там, где это не будет вызывать разночтения, будем отождествлять подпространство, дополнительное к $\mathfrak{g}$ в $\overline{\mathfrak{g}}$, и факторпространство $\mathfrak{m} = \overline{\mathfrak{g}}/\mathfrak{g}$. Аффинной связностью на паре $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называется такое отображение $\Lambda : \overline{\mathfrak{g}} \to \mathfrak{gl}(\mathfrak{m})$, . что его ограничение на $\mathfrak{g}$ есть изотропное представление подалгебры, а все отображение является $\mathfrak{g}$-инвариантным [1]. Тензор кручения $T \in InvT_2^1(\mathfrak{m})$ и тензор кривизны $R \in InvT_3^1(\mathfrak{m})$ для всех $x, y \in \overline{\mathfrak{g}}$ имеют вид:

$$T(x_{\mathfrak{m}}, y_{\mathfrak{m}}) = \Lambda(x)y_{\mathfrak{m}} - \Lambda(y)x_{\mathfrak{m}} - [x, y]_{\mathfrak{m}},$$

$$R(x_{\mathfrak{m}}, y_{\mathfrak{m}}) = [\Lambda(x), \Lambda(y)] - \Lambda([x, y]).$$

а тензор Риччи имеет вид

$$Ric(y_{\mathfrak{m}}, z_{\mathfrak{m}}) = tr\{x_{\mathfrak{m}} \text{ a } R(x_{\mathfrak{m}}, y_{\mathfrak{m}})z_{\mathfrak{m}}\}$$

для всех $x, y, z \in \overline{\mathfrak{g}}$.

Для изучения тензоров Риччи инвариантных связностей сначала получена локальная классификация трехмерных изотропно-точных однородных пространств как пар алгебр Ли, т.е. классифицированы (с точностью до изоморфизма) все точные трехмерные $\mathfrak{g}$–модули U (это эквивалентно классификации подалгебр в $\mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$ с точностью до сопряженности), а далее найдены (с точностью до эквивалентности) все пары $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ такие, что $\mathfrak{g}$–модули $\overline{\mathfrak{g}}/\mathfrak{g}$ и U эквивалентны. Для нахождения аффинных связностей, тензоров кривизны, кручения и тензоров Риччи для каждой пары алгебр Ли используем пакеты

DifferentialGeometry, GroupActions, LieAlgebras, Tensor и другие.

Будем определять пару $(\overline{\mathfrak{g}},\mathfrak{g})$ таблицей умножения алгебры Ли $\overline{\mathfrak{g}}$. Через $\{e_1,...,e_n\}$ будем обозначать базис $\overline{\mathfrak{g}}$ ($n=\dim\overline{\mathfrak{g}}$). Полагаем, что алгебра Ли $\mathfrak{g}$ порождается $e_1,...,e_{n-3}$. Пусть

$$\{u_1=e_{n-2},u_2=e_{n-1},u_3=e_n\}\ -$$

базис $\mathfrak{m}$. Для ссылки на пару будем использовать обозначение *d.n.m*, где d – размерность подалгебры, n – номер подалгебры в $\mathfrak{gl}(3,\mathbb{R})$, а m – номер пары $(\overline{\mathfrak{g}},\mathfrak{g})$, соответствующие приведенным, например, в [2]. Поскольку ограничение

$$\Lambda:\overline{\mathfrak{g}}\to\mathfrak{gl}(\mathfrak{m})$$

на $\mathfrak{g}$ – изотропное представление подалгебры ($\Lambda|_{\mathfrak{g}}=\lambda$), связность определяется своими значениями на $\mathfrak{m}$, будем выписывать ее через образы базисных векторов $\Lambda(u_1)$, $\Lambda(u_2)$, $\Lambda(u_3)$, тензор кривизны R будем описывать его значениями $R(u_1,u_2)$, $R(u_1,u_3)$, $R(u_2,u_3)$, а тензор кручения T – его значениями $T(u_1,u_2)$, $T(u_1,u_3)$, $T(u_2,u_3)$.

Чтобы определить алгебру Ли $\overline{\mathfrak{g}}$, задаем ее структурные константы и используем команду DGsetup для инициализации алгебры. После инициализации можно проводить все виды вычислений и проверок. Для каждой построенной пары алгебр Ли находим инвариантные аффинные связности, тензоры кривизны и кручения, тензоры Риччи, используя команды пакета Maple.

Например, в случаях 4.21.24 и 4.21.25 пара $(\overline{\mathfrak{g}},\mathfrak{g})$ имеет вид

4.21.24(25).	e_1	e_2	e_3	e_4	u_1	u_2	u_3
e_1	0	0	e_3	e_4	u_1	u_2	0
e_2	0	0	e_4	0	0	u_1	e_2
e_3	$-e_3$	$-e_4$	0	0	0	0	u_2
e_4	$-e_4$	0	0	0	0	0	e_4+u_1
u_1	$-u_1$	0	0	0	0	0	$\alpha\, e_4$
u_2	$-u_2$	$-u_1$	0	0	0	0	$\alpha\, e_3+\delta e_4-u_2$
u_3	0	$-e_2$	$-u_2$	$-e_4-u_1$	$-\alpha e_4$	$-\alpha e_3-\delta e_4+u_2$	0

$\alpha<-1/4$, $\delta=0,1$, тогда аффинная связность –

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & p_{1,3} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & q_{1,3} \\ 0 & 0 & p_{1,3} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} r_{1,1} & -q_{1,3} & 0 \\ 0 & r_{1,1}+1 & 0 \\ 0 & 0 & r_{1,1}+p_{1,3}+1 \end{pmatrix}.$$

В случае 4.21.24 тензор кривизны принимает вид (здесь и далее $p_{i,j}$, $q_{i,j}$, $r_{i,j} \in \mathbb{R}$):

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & {p_{1,3}}^2 + p_{1,3} - \alpha \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 2q_{1,3}p_{1,3} + 2q_{1,3} \\ 0 & 0 & {p_{1,3}}^2 + p_{1,3} - \alpha \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

при $\alpha \geq -1/4$ уравнение ${p_{1,3}}^2 + p_{1,3} - \alpha = 0$ имеет решение, т.е. если $p_{1,3}$ – корень этого уравнения, а $q_{1,3} = 0$, то тензор кривизны нулевой. Если $\alpha < -1/4$, то при любых значениях параметров $p_{1,3}$, $q_{1,3} \in \mathbb{R}$ тензор кривизны не может оказаться нулевым. Тогда тензор Риччи $Ric(y,z) = tr\{x \mapsto R(x,y)z\}$ –

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2p_{1,3}^2 - 2\alpha + 2p_{1,3} \end{pmatrix}.$$

Аналогично, в случае 4.21.25 тензор кривизны –

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & {p_{1,3}}^2 + p_{1,3} - \alpha \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 2q_{1,3}p_{1,3} + 2q_{1,3} - 1 \\ 0 & 0 & {p_{1,3}}^2 + p_{1,3} - \alpha \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

тензор ненулевой при $\alpha < -1/4$, а тензор Риччи совпадает с выписанным в случае 4.21.24. Тензор кручения в случаях 4.21.24, 4.21.25 –

$$(0,0,0), \left(p_{1,3} - r_{1,1}, 0, 0\right), \left(2q_{1,3}, p_{1,3} - r_{1,1}, 0\right).$$

Соответственно, $T = 0$ при $r_{1,1} = p_{1,3}$, $q_{1,3} = 0$.

Заключение

Разработаны алгоритмы и программы в системе аналитических вычислений для нахождения тензоров Риччи инвариантных аффинных связностей на трехмерных однородных пространствах. С их помощью получены новые результаты в теории инвариантных связностей на

многообразиях, а именно, найдены и выписаны в явном виде тензоры Риччи инвариантных аффинных связностей на трехмерных однородных пространствах. Методика исследований ориентирована на использование методов компьютерной алгебры, теории групп и алгебр Ли, а также теории однородных пространств. Построенные компьютерные модели позволяют вычислять компоненты связности, тензоров кривизны и кручения, тензоров Риччи на однородных пространствах и могут быть применены для больших размерностей.

Список литературы

1. Nomizu, K. Invariant affine connections on homogeneous spaces / K. Nomizu // Amer. J. Math. 1954. – V. 76, № 1. – С. 33–65.

2. Можей, Н. П. Связности ненулевой кривизны на трехмерных нередуктивных пространствах / Н. П. Можей // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2017. – Т. 17, Вып. 4. – С. 381–393.

Математическая модель автоматизации процессов определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости компонентов производственно-технологических модулей (ПТМ) с вязкоупругими звеньями в динамическом управлении

С. Б. Набиев, e-mail: websarvar@gmail.com

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Аннотация. *Аннотация. Настоящая работа посвящается разработке математической модели, позволяющей автоматизировать процессов определения и обеспечения полной функционально-параметрической совместимости компонентов ПТМ с вязкоупругими звеньями в динамическом управлении.*

Ключевые слова: *Ключевые слова: автоматизация, динамическое управление, функционально-параметрическая совместимость.*

Введение

Автоматизированные производственно-технологические системы (ПТС) играют особо важную роль в развитии машиностроительного производства. Одним основным принципом создания и организации автоматизированных ПТС является принцип обеспечения высокого уровня совместимости их компонентов, в связи с этим в настоящей работе рассматриваются вопросы автоматизации процессов определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости взаимодействующих компонентов ПТС, в частности производственно-технологических модулей машиностроительного производства.

1. Основная часть

Основными принципами создания и организации автоматизированных **ПТС** являются: принцип совмещения высокой производительности и универсальности; принцип модульности; принцип иерархической соподчиненности и принцип обеспечения высокого уровня совместимости [1].

Обеспечение высокого уровня совместимости **ПТС**, являясь одним из принципов их создания играет важное значение в повышении

© Набиев С. Б., 2021

производительности, надежности и эффективности их функционирования.

Можно различать функционально-параметрическую, технологическую, информационную, организационно-структурную, эксплуатационную и энергетическую совместимость **ПТС**.

Вопросам определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости компонентов **ПТС**, в том числе **ПТМ**, посвящены многие работы [1, 2, 3] .

В работах [2, 4] решается задача обеспечения функционально-параметрической взаимо-увязки основных технологических оборудований **(ОТО)** и промышленных роботов **(ПР)** путем установления возможности совмещения основных координатных перемещений звеньев **ПР** с направлением ввода заготовок (деталей) в зону загрузки (обработки) **ОТО**.

В работе [3] разработан метод определения и обеспечения компонентов **ПТМ,** основанный на аналитический подход для механической модели манипулятора, т.е. в предположении, что все звенья манипулятора считаются жесткими.

Известно, что в последнее время в конструкциях **ПР** и манипуляторов широко используются композиционные и другие материалы, имеющие свойствами вязкоупругости и обеспечивающие высокой надежности их функционирования.

С этой точки зрения настоящая работа посвящается решению задачи автоматизации процессов определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости компонентов **ПТМ** с вязкоупругими звеньями.

Рассмотрим кинематическую схему вспомогательного оборудования, представляющую собой прямолинейные стержни $P_1, P_2, \cdots, P_n$, соединенные цилиндрическими шарнирами $L_1, L_2, \cdots, L_{n+1}$. При этом L_1 крепится к неподвижному основанию, т.е. к неподвижной системе координат $O_0x_0y_0z_0$, а шарнир , L_{n+1} соединяет рабочего органа (захватного устройства) вспомогательного оборудования.

Для описания движения системы в качестве обобщенных координат выбираются $q^{(1)}, q^{(2)}, \cdots, q^{(n+1)}$.

Рассмотрим функции $f_1, f_2, \cdots, f_n$ и матрицу $F = (F_{ij})$, для которых имеют место

$$q_i = f_i(\alpha_i) + x_i, \quad F_{ij} = \frac{\partial f_i(\alpha_i)}{\partial \alpha_i} \tag{1}$$

Тогда динамику упругого манипулятора можно задавать следующими соотношениями:

$$\left.\begin{array}{c} \dfrac{d}{dt}\left[A(q)\cdot\dot{q}\right] - (A(q)\cdot\dot{q},\dot{q}) = Q(q,\dot{q},t) - C(\alpha)x \\ M = -F'(\alpha)C(\alpha)x, \quad (x = q - f(\alpha)), \\ M = F'(\alpha)\left\{\dfrac{d}{dt}\left[A(q)\cdot\dot{q}\right] - \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial}{\partial q}\left[A(q)\cdot\dot{q},\dot{q}\right] - Q(q,\dot{q},t)\right\} \\ C(\alpha) = \varepsilon^{-2}K(\alpha), \quad x = \varepsilon^2 X, \quad \varepsilon << 1 \end{array}\right\} \tag{2}$$

где A, C – симметричные положительно-определенные матрицы; $Q(q,\dot{q},t) = (Q_1, Q_2, \cdots, Q_n)$ – вектор внешних обобщенных сил; K, X – матрица и вектор с элементами порядка единицы, соответственно [5].

Теперь рассмотрим задачу определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости, когда управление задается кинематическими параметрами, т.е. заданы законы изменения углов $\alpha = \alpha^0(t)$ и перемещений $\xi = \xi^0(t)$ в шарнирах и звеньях, соответственно.

Тогда для компонентов **ПТМ** с вязкоупругими звеньями имеет место

$$\begin{array}{c} \dfrac{d}{dt}\left[A(q^0 + \varepsilon^2 X)\cdot(\dot{q}^0 + \varepsilon^2 X)\right] - \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial}{\partial q}\left[A(q^0 + \varepsilon^2 X)(\dot{q}^0 + \varepsilon^2 X)\right] \\ (q^0 + \varepsilon^2 X) = Q((q^0 + \varepsilon^2 X, t) - K(\alpha^0)X \\ \alpha = \alpha^0(t), \quad q^0(t) = f(\alpha^0(t)) \end{array} \tag{3}$$

здесь $q^0(t)$ – закон движения захватного устройства в случае механической модели.

Решение (3) можно представить в виде [5]

$$X(t) = R_1(t) + R_2(\tau), \quad \tau = t/\varepsilon \tag{4}$$

где слагаемые $R_1(t)$ описывает смещения, возникающие при манипуляционных операциях, а $R_2(\tau)$ описывает упругие колебания, имеющие временной порядок ε^{-1}.

Следует отметить, что **ОТО,** в зависимости от вида выполняемых в нем операций имеет различные зоны загрузки(обработки), которые по своей конфигурации разделяются на 12 основных типов [6], каждый из

которых имеет соответствующую поверхность покрытия $W(x,y,z)$ и направляющую плоскость $P(x,y,z)$ [120, 137]. Задавая тип и форму, геометрические и конструктивные параметры зоны загрузки(обработки) **ОТО** можно определить параметры и вид аналитической зависимости соответствующей поверхности покрытия и направляющей плоскости.

Определим функцию функционально-параметрической совместимости *i*-го звена вспомогательного оборудования с **ОТО** в следующем виде

$$\Delta^{(i)}(t,\tau) = \Delta_{12}^{(i)}(t,\tau)\ \ \Delta_{12}^{(i)}(t,\tau)\ \ \Delta_{12}^{(i)}(t,\tau),\quad 0 < t < T_0,\quad \tau = t/\varepsilon$$

где

$$\Delta_{12}^{(i)}(t,\tau) = \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial x \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial y - \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial y \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial x \Big|_{R^{(i)} = R_{01}^{(i)}(t) + R_{02}^{(i)}(\tau)}$$

$$\Delta_{23}^{(i)}(t,\tau) = \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial y \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial z - \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial z \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial y \Big|_{R^{(i)} = R_{01}^{(i)}(t) + R_{02}^{(i)}(\tau)}$$

$$\Delta_{31}^{(i)}(t,\tau) = \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial z \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial x - \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial x \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial z \Big|_{R^{(i)} = R_{01}^{(i)}(t) + R_{02}^{(i)}(\tau)}$$

где $R_{01}^{(i)}(t) = (x_{01}^{(i)}(t),\ y_{01}^{(i)}(t),\ z_{01}^{(i)}(t))$ описывает смещения, возникающие при манипуляционных операциях *i*-го звена относительно системы координат $O_0x_0y_0z_0$, связанной с неподвижным основанием вспомогательного оборудования, а $R_{02}^{(i)}(\tau) = (x_{02}^{(i)}(\tau),\ y_{02}^{(i)}(\tau),\ z_{02}^{(i)}(\tau))$ $(\tau = t/\varepsilon)$ описывает упругие колебания *i*-го звена относительно системы координат $O_0x_0y_0z_0$, связанной с неподвижным основанием вспомогательного оборудования.

$R^{(i)}(t,\tau) = (x^{(i)}(t,\tau),\ y^{(i)}(t,\tau),\ z^{(i)}(t,\tau))$ – вектор, определяющий пространственное положение некоторой точки *i*-го звена относительно системы координат $O_0x_0y_0z_0$, связанной с неподвижным основанием вспомогательного оборудования.

Таким образом, мы имеем функцию функционально-параметрической совместимости *i*-го звена вспомогательного оборудования с вязкоупругими звеньями с **ОТО** $\Delta^{(i)}(t,\tau)$.

Определение функционально-параметрической совместимости вспомогательного оборудования с **ОТО** реализуется путем проверки условия $\Delta^{(i)}(t,\tau) \neq 0$ при $0 < t < T_0$, $\tau = t/\varepsilon$.

Следует отметить, что функция $\Delta^{(i)}(t,\tau)$ является обобщением функции, полученной в работах [3, 7]. Действительно, в частном случае, когда рассматривается механическая модель вспомогательного оборудования, его звенья считаются жесткими и, очевидно, что $R_{02}^{(i)}(\tau) = 0$, т. е. $\Delta^{(i)}(t,\tau) = \Delta^{(i)}(t)$.

Разработанная модель обобщает результаты, полученные в работах [3, 7], а принцип разработки алгоритмов автоматизации процессов определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости вязкоупругих компонентов **ПТМ** остается прежним. Отличием является то, что при этапе вычисления значения функции функционально-параметрической совместимости $\Delta^{(i)}(t,\tau)$ добавляются слагаемые $R_{02}^{(i)}(\tau) = (x_{02}^{(i)}(\tau),\ y_{02}^{(i)}(\tau),\ z_{02}^{(i)}(\tau))$ $(\tau = t/\varepsilon)$

К исследованиям определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости компонентов производственно-технологических модулей с жесткими механическими моделями посвящены многие работы [2, 3, 4, 7]. Среди них существуют такие работы, которые отличаются друг от друга по предложенным и примененным подходам и методам при решении данной проблемы.

В некоторых этих работах [2, 4] данная проблема решается с точки зрения обеспечения взаимоувязки всех компонентов производственно-технологических модулей, применяя метода сопоставления соответствующих координатных перемещений вспомогательного оборудования с направлениями загрузки обрабатываемых изделий к зоне обработки основного технологического оборудования.

Некоторые работы [3, 7] отличаются от вышеупомянутых тем, что у них определение и обеспечение функционально-параметрической совместимости осуществляется с применением аналитических методов для механической модели вспомогательного оборудования (**ПР**, манипулятора, приспособление для загрузки и выгрузки **(ПЗВ) ОТО**).

Известно, что в настоящее время большим преимуществом обладают вспомогательные оборудования, имеющие упругие конструкции и обеспечивающие высокую точность выполняемых операций в процессе функционирования сложных технических систем, в том числе производственно-технологических модулей.

При различных производственных и технологических условиях, а также при различных формах и конструкциях зон обработки основного

технологического оборудования применение вышеупомянутых вспомогательных оборудования с упругими исполнительными органами играет важную роль в повышении производительности и надежности функционирования производственно-технологических модулей в целом.

С этой точки зрения, следует отметить, что реализация этих задач зависит от высокого уровня совместимости всех компонентов модулей с упругими моделями (вышеуказанных работах рассматривались жесткие модели) в случаях, и кинематического, и динамического управления этими компонентами.

Моделированию динамики манипуляторов с вязкоупругими звеньями посвящены некоторые работы [5, 8], в которых приведены результаты, относящиеся к составлению уравнений движения исполнительных органов компонентов с вязкоупругими звеньями без учета производственно-технологических требований, существующих в условиях производственно- технологических модулей. Поэтому управление этими компонентами с обеспечением их функционально-параметрической совместимости с учетом вышеупомянутых требований является необходимым для эффективного функционирования **ПТМ.**

Поэтому основной целью настоящей работы является моделирование процессов автоматизации определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости вспомогательного оборудования с вязкоупругими звеньями с **ОТО** в динамическом управлении.

Известно, что динамическое управление вспомогательными компонентами **ПТМ** осуществляется путем нахождения законов движения исполнительных органов этих компонентов при заданных законах изменения моментов приводов $M = M_0(\alpha, t)$. При этом можно предположить, что этот случай включает как программное управление $M = M_0(t)$; и так называемое управление с обратной связью $M = M_0(\alpha, t)$, где $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n)$ – вектор угловых значений в шарнирах звеньев вспомогательного оборудования.

Таким образом, требуется найти движение исполнительных органов загруженного вспомогательного оборудования с учетом вышеупомянутых требований функционально-параметрической совместимости, т. е. $q(t)$ и $q(t) = (q_1(t), q_2(t), \cdots, q_n(t))$ – обобщенные координаты пространственного положения груза.

Пусть $f = (f_1, f_2, \cdots, f_n)$ и $g = (g_1, g_2, \cdots, g_n)$ – вектор-функции и $F = \left\{F_{ij}\right\}$ и $G = \left\{G_{ij}\right\}$ – матрицы, для которых имеют место

$$
\begin{aligned}
q = f(\alpha), \quad (q_i = f_i(\alpha)),\\
F = \left\{F_{ij}\right\}, \quad F_{ij}(\alpha) = \partial f_i(\alpha) / \partial \alpha_j,\\
g(q) = g(f(\alpha) = \alpha, \quad g = f^{-1}(\alpha)),\\
G = \left\{G_{ij}\right\} = \left\{\partial g_i(\alpha) / \partial \alpha_j\right\}, G = F^{-1}
\end{aligned}
\tag{5}
$$

Теперь рассмотрим кинематическую схему оборудования с упругими звеньями, представляющая прямолинейные стержни $P_1, P_2, \cdots, P_n$, соединенные цилиндрическими шарнирами $L_1, L_2, \cdots, L_{n+1}$. При этом L_1 крепится к неподвижному основанию, т.е. к неподвижной системе координат $O_0x_0y_0z_0$, связанной с основанием вспомогательного оборудования, а шарнир L_{n+1} соединяет рабочего органа (захватного устройства) вспомогательного оборудования.

Примем

$$
q = f(\alpha) + s, \quad s = (s_1, s_2, \text{L}, s_n) \tag{6}
$$

где s_i – значения малых упругих смещений груза относительно і-ой системы координат $O_ix_iy_iz_i$, связанной с *i*-ым звеном вспомогательного оборудования [9].

Уравнение Лагранжа представляется в следующем виде

$$
M_0(\alpha, t) = -\varepsilon^2 F'(\alpha(t))\Phi(\alpha(t))s \tag{7}
$$

Где $s = \varepsilon^2 S,,\ \Phi(\alpha(t)), X$ – матрица и вектор порядка единицы.

Отсюда получаем

$$
s = -\varepsilon^2 \left[F'(\alpha(t))\Phi(\alpha(t))\right]^{-1} M_0(\alpha, t), \quad q = f(\alpha) + s \tag{8}
$$

$$
\alpha(t) = g(q(t)) + G(q(t))\Phi^{-1}(g(q(t)) + G'(q(t)))M_0(g(q(t)), t) \tag{9}
$$

Учитывая (6)-(9), уравнение движения исполнительного органа вспомогательного оборудования с упругими звеньями можно представить в виде

$$
\begin{aligned}
L = Q(q, \dot{q}, t) + G'(q(t))M_0(g(q(t)), t) +\\
+\varepsilon^2 \Theta(q(t), t)\Phi^{-1}(g(q(t))G'(q(t)))M_0(g(q(t)), t)
\end{aligned}
\tag{10}
$$

где $\Theta(q(t), t) = \left\{\partial G_{ij}^{'}(q(t))M_0(g(q(t), t) / \partial q_j(t)\right\}, \quad i, j = \overline{1, n}$.

Учитывая $q = f(\alpha), \quad G = F^{-1}(\alpha), \quad M_0 = M_0(\alpha, t)$ уравнение (10) можно написать в следующем виде

$$L = Q(\alpha, \dot{\alpha}, t) + (F^{-1})'(f(\alpha))M_0(\alpha, t) + \\ +\varepsilon^2 \Theta(f(\alpha), t)\Phi^{-1}(\alpha)G'(f(\alpha)))M_0(\alpha, t) \quad (11)$$

Уравнения (11) решается относительно $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_n)$, которые являются эквивалентными как, и для механической, так и для упругой модели из-за того, что углы в шарнирах для обеих моделей одинаковы.

Таким образом $\alpha(t) = \Psi(\breve{Q}, M_0, \Theta, \Phi^{-1}, G', f, \varepsilon^2, t)$, Ψ – вектор функция, определяемая с учетом видов перемещений в звеньях вспомогательного оборудования.

Метод построения систем координат, связанных с рабочими звеньями вспомогательного оборудования, приведено в работе [9].

Согласно результатам этой работы, переход с одной системы координат в другую без обеспечения функционально-параметрической совместимости *i*-го звена вспомогательного оборудования с ОТО задается следующей формулой

$$R_{i-1}\alpha(t) = T_i(\alpha(t))R_i \quad (12)$$

где R_i – радиус-вектор, определяющий пространственное положение некоторой точки *i*-го звена относительно системы координат, связанной с этим звеном;

$T_i(\alpha(t))$ – матрица перехода из системы координат, связанной с *i*-ым звеном, в систему координат, связанную с (*i*-1)-ым.

Тогда можно определить пространственное положение некоторой точки *i*-го звена P_i относительно системы координат, связанной с неподвижным основанием вспомогательного оборудования $O_0x_0y_0z_0$ следующим образом

$$R_i^0(t) = \Gamma_i(\alpha_1(t), \alpha_2(t), \cdots, \alpha_i(t))R_i(t),$$

где $\Gamma_i(\alpha_1(t), \alpha_2(t), \cdots, \alpha_i(t)) = T_1(\alpha_1) \cdot T_2(\alpha_2) \cdot \cdots \cdot T_i(\alpha_i)$,

$R_i^0(t) = (x_i^0(t), y_i^0(t), z_i^0(t)), \quad R_i(t) = (x_i(t), y_i(t), z_i(t))$

Следует отметить, что основное технологическое оборудование, в зависимости от вида выполняемых в нем операций имеет различные зоны загрузки (обработки), которые по своей конфигурации разделяются на 12 основных типов [6], каждый из которых имеет соответствующую поверхность покрытия $W(x, y, z)$ и направляющую плоскость $P(x, y, z)$ [3]. Задавая тип и форму, геометрические и конструктивные параметры зоны загрузки(обработки) ОТО можно определить параметры и вид

аналитической зависимости соответствующей поверхности покрытия и направляющей плоскости.

Определим функцию функционально-параметрической совместимости *i*-го звена вспомогательного оборудования с основным технологическим оборудованием в следующем виде

$$\Delta^{(i)}(t,\tau) = \Delta_{12}^{(i)}(t,\tau)\ \ \Delta_{12}^{(i)}(t,\tau)\ \ \Delta_{12}^{(i)}(t,\tau),\ \ 0 < t < T_0,\ \ \tau = t/\varepsilon,$$

где

$$\Delta_{12}^{(i)}(t,\tau)\ \ = \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial x \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial y - \\ -\partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial y \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial x \Big|_{R = R_0 \Psi(\breve{Q}, M_0, \Theta, \Phi^{-1}, G', f, \varepsilon^2, t)}$$

$$\Delta_{23}^{(i)}(t,\tau)\ \ = \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial y \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial z - \\ -\partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial z \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial y \Big|_{R = R_0 \Psi(\breve{Q}, M_0, \Theta, \Phi^{-1}, G', f, \varepsilon^2, t)}$$

$$\Delta_{31}^{(i)}(t,\tau)\ \ = \partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial z \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial x - \\ -\partial \boldsymbol{W}(x,y,z)/\partial x \cdot \partial \boldsymbol{P}(x,y,z)/\partial z \Big|_{R = R_0 \Psi(\breve{Q}, M_0, \Theta, \Phi^{-1}, G', f, \varepsilon^2, t)}$$

где $R = (x,\ y,\ z)$ – вектор, определяемый относительно системы координат $O_0 x_0 y_0 z_0$, связанной с неподвижным основанием вспомогательного оборудования.

В итоге мы имеем функции функционально-параметрической совместимости $\Delta^{(i)}(t,\tau),\ \ (i = 1,2,\cdots,n)$ для всех звеньев вспомогательного оборудования $P_1, P_2, \cdots, P_n$.

Определение функционально-параметрической совместимости *i*-го звена P_i вспомогательного оборудования с ОТО осуществляется проверкой условия

$$\Delta^{(i)}(t,\tau) \neq 0,\ 0 < t < T_0,\quad \tau = t/\varepsilon \qquad (13)$$

Полная функционально-параметрическая совместимость вспомогательного оборудования с **ОТО** определяется проверкой условий (13) для всех $i = 1,2,\cdots,n$, т.е. проверкой системы условий

$$\Delta^{(i)}(t,\tau),\quad 0 < t < T_0,\quad \tau = t/\varepsilon\quad (i = 1,2,\cdots,n)$$

Разработанная математическая модель позволяет автоматизировать процессов определения полной функционально-параметрической

совместимости не только вспомогательного оборудования и **ОТО,** а также вспомогательного оборудования и накопительных систем **(НС)** и тем самым всех компонентов в динамическим управлении **ПТМ** с учетом производственно-технологических ограничений и может быть применён в принятии производственно-технологических и организационно-структурных решений на этапе проектирования **ПТМ** и **ПТС** в целом.

Заключение

В последние годы в человеческом развитии наблюдается тенденция оперативного обновления старого с новым, в частности старой технологии с новой, путем использования методов автоматизации высокого уровня. Реализация такого обновления зависит от оперативного определения и обеспечения их совместимости. С этой точки зрения в настоящей работе рассматриваются вопросы автоматизации процессов определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости компонентов производственно-технологических систем, в частности производственно технологических модулей.

Список литературы

1. Александрова, А.Т. Гибкие производственные системы электронной техники: Учеб. пособие для ПТУ / А.Т. Александрова, Е.С. Ермаков. –М.: Высшая школа, 1989. –319 с.

2. Шамсиев, З.З. Формализация функционально-параметрической увязки компонентов технологических объектов управления гибких производственных модулей в моделировании и процессов их автоматизированного синтеза / З.З. Шамсиев // Тезисы докладов участников республиканской научно-технической конференции «Проблемные вопросы развития и повышения эффективности внедрения автоматических комплексов с разной степенью гибкости». Часть 2. – Ташкент, 1989. – С. 18-20.

3. Мадрахимов, З.Т. Обеспечение функционально-параметрической совместимости компонентов технологических объектов управления дискретных производств / З.Т. Мадрахимов // Докл. АН РУз. – Т., 1992. – № 8-9. – С. 28-30.

4. Пулатов, Ш. Й. Структурные и алгоритмические модели синтеза технологических объектов управления ГПС (на примере механообработки). Афтореф. канд. дис. – Ташкент, 1988. –19 с.

5. Черноусько, Ф.А. Динамика управляемых движений упругого манипулятора / Ф.А. Черноусько. // Известие АН СССР. Техническая кибернетика. – 1981. – №5.

6. Автоматизированные технологические комплексы «оборудование-робот» (Методические рекомендации). – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – 91 с.

7. Мадрахимов, З.Т. Модель функционально-параметрической увязки компонентов ГПМ / З.Т. Мадрахимов // Вопросы кибернетики. – Ташкент: РИСО АН УзССР. –1990. –Вып. 142. –С. 72-74.

8. Мадрахимов, З.Т. Моделирование динамики компонентов производственно-технологических модулей с вязкоупругими звеньями / З.Т. Мадрахимов, У.И. Акбаров // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Т., 1998. – №3. – С.31-34.

9. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. Кн.3: Управление робототехническими системами и гибкими автоматизированными производствами / Ж.П. Ахромеев [и др.] ; Под ред. И. М. Макарова. – М. : Высшая школа, 1986. –159 с.

Модель учета турбулентных свойств атмосферы в уравнениях переноса

В. С. Ножкин, E-mail: nozhkin-v@list.ru [1]
М. Е. Семёнов [1, 2], И. И. Ульшин [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 предложена модель учета турбулентных свойств атмосферы на основе решения уравнения переноса тепла. Получены первые две моментные функции решения уравнения конвективного притока тепла. Представлены математическое ожидание и дисперсионная функция в случае гауссова распределения случайного процесса, входящего в уравнение притока тепла.*

Ключевые слова: *модель, турбулентные свойства, коэффициент турбулентности, случайный процесс, характеристический функционал, математическое ожидание, дисперсионная функция.*

Введение

Различные процессы, связанные с теплопередачей в атмосфере в значительной степени влияют на изменения погодных условий. К ним относятся: конвективный и турбулентный теплообмен; излучение и поглощение радиации; фазовые превращения воды; молекулярный теплообмен [1, 2]. Количественные оценки турбулентного и конвективного потоков тепла особенно важны при разработке краткосрочных прогнозов погоды с использованием гидродинамического моделирования.

Гидродинамическое моделирование процессов теплопередачи связано с определенными трудностями, обусловленными, в том числе следующими соображениями. Существующие модели, как правило, включают в себя уравнения, связывающие усредненные значения метеорологических параметров. Это является, безусловно оправданным для мезо- и макромасштабных уровней, охватывающих территории с горизонтальными размерами порядка сотен и тысяч километров, однако на микроуровне необходим также учет неупорядоченных хаотических возмущений, связанных с неоднородностями в поле ветра, которым подвержены значения метеорологических величин. В этом случае

© Ножкин В. С., Семенов М. Е., Ульшин И. И., 2021

использование усредненных значений в уравнениях переноса приводит к ошибкам в рассчитанных значениях [1-5]. В связи с этим целью настоящей работы является построение модели, позволяющей учитывать турбулентные свойства атмосферы в процессах теплопередачи в атмосфере.

1. Постановка задачи

Уравнение притока тепла в адиабатическом приближении [1, 2] имеет вид:

$$\frac{\partial T_B}{\partial t} + u\frac{\partial T_B}{\partial x} + v\frac{\partial T_B}{\partial y} = \frac{(\gamma_a - \gamma)}{g\rho} w \qquad (1)$$

где T_B – температура воздуха; u, v – проекции вектора скорости движения частицы на горизонтальные оси локальной системы координат; γ_a – сухоадиабатический градиент температуры; γ – вертикальный градиент температуры; g – ускорение свободного падения; ρ – плотность воздуха; w – аналог вертикальной скорости в p-системе координат.

В рассматриваемых условиях проекцию вектора скорости в уравнениях переноса естественно трактовать как случайный процесс. Для упрощения расчетов рассматривается одномерный случай уравнения (1), и вводится обозначение $f(x) = \frac{(\gamma_a - \gamma)}{g\rho} w$. Функция $f(x)$ считается детерминированной. Тогда запишем:

$$\frac{\partial T_B}{\partial t} + \varepsilon(t)\frac{\partial T_B}{\partial x} = f(x) \qquad (2)$$

где $\varepsilon(t)$ – случайный процесс, формализующий модельные представления о динамики изменения горизонтальной компоненты вектора скорости ветра,

с детерминированным начальным условием:

$$T_B(t_0, x) = T_{B_0}(x)\ ;\ -\infty < x < \infty \qquad (3)$$

Случайный процесс задается посредством характеристического функционала [3-5]:

$$\phi(\nu) = M\left[\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] \qquad (4)$$

где функция v принадлежит пространству $L_1(T)$ суммируемых на отрезке T функций с нормой $\|\nu\| = \int_T |\nu(\tau)| d\tau$; T – отрезок времени, на котором изучается процесс $[0; t]$; M – математическое ожидание по функции распределения процесса $\varepsilon(t)$.

Один из методов решения представленной выше задачи связан с переходом к эквивалентному детерминированному уравнению на основе подхода, развитого в работах [3-5] и связанного с понятием вариационной производной. Данный метод подразумевает идентификацию первых двух моментных функций уравнения притока тепла со случайными параметрами.

2. Математическое ожидание и дисперсионная функция решения уравнения притока тепла

Умножив уравнение (2) на $\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)$ и определив математическое ожидание полученного равенства, можно записать:

$$M\left[\frac{\partial T_B}{\partial t}\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] = M\left[-\varepsilon(t)\frac{\partial T_B}{\partial x}\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] + \\ + f(x)M\left[\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] \quad (5)$$

Для дальнейших вычислений введем в рассмотрение вспомогательное отображение:

$$y(t,x,\nu) = M\left[T_B(t,x)\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] \quad (6)$$

где $x \in R; v(t) \in L_1(T)$.

С учетом введенного отображения (6), полученное равенство (5) запишется в виде:

$$\frac{\partial y(t,x,\nu)}{\partial t} = i\frac{\delta}{\delta\nu(t)}\frac{\partial}{\partial x}y(t,x,\nu) + f(x)\phi(\nu) \quad (7)$$

с начальным условием:

$$y(0,x,\nu) = T_{B_0}(x)\phi(\nu) \quad (8)$$

Один из подходов к решению дифференциального уравнения с частной и обыкновенной производной, представленного равенством (7)

и начальным условием (8), описан в работах [3-5]. В результате применения данного подхода математическое ожидание решения задачи (2) при начальном условии (3) принимает вид:

$$M(T_B(t,x)) = T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\left[\phi(\xi\chi(0,t))\right](x) + \\ + f(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\left[\int_0^t \phi(\xi\chi(\tau,t))d\tau\right](x) \tag{9}$$

где $\overset{x}{*}$ – знак свертки функций по x; F_{ξ}^{-1} – обратное преобразование Фурье по ξ; ξ – двойственная к x характеристика; χ – функция, зависящая от трех переменных $\chi(\tau,w,t)$ следующим образом: $\chi(\tau,w,t) = sign(w-\tau)$ при w, принадлежащем отрезку с концами τ, t и $\chi(w,t,\tau) = 0$ в противном случае.

Вторая моментная функция решения уравнения (2) определяется соотношением:

$$M(T_B(t,x)T_B(\gamma,x_1)) = T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\left[T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\phi(\xi_1\chi(0,\gamma) + \right.\right. \\ \left. + \xi\chi(0,t))\right](x_1) + f(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma} \phi(\xi_1\chi(\tau,\gamma) + \xi\chi(0,t))d\tau\right](x_1)\Bigg](x) + \\ + f(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\left[\int_0^t \left(T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\phi(\xi_1\chi(0,\gamma) + \xi\chi(\tau_1,t))\right](x_1) + \right.\right. \\ \left.\left. + f(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma} \phi(\xi_1\chi(\tau,\gamma) + \xi\chi(\tau_1,t))d\tau\right](x_1)\right) d\tau_1\right](x) \tag{10}$$

Дисперсионная функция решения уравнения (2) имеет вид:

$$D(T_B(t,x)) = \left(T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\left[T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\phi(\xi_1\chi(0,\gamma) + \right.\right.\right. \tag{11}$$

$$+\xi\chi(0,t))\big](x_1)+f(x_1)\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma}\phi(\xi_1\chi(\tau,\gamma)+\xi\chi(0,t))d\tau\right](x_1)\Bigg](x)+$$

$$+f(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\Bigg[\int_0^{t}\Bigg(T_{B_0}(x_1)\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\big[\phi(\xi_1\chi(0,\gamma)+\xi\chi(\tau_1,t))\big](x_1)+$$

$$+f(x_1)\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma}\phi(\xi_1\chi(\tau,\gamma)+\xi\chi(\tau_1,t))d\tau\right](x_1)\Bigg)d\tau_1\Bigg](x)\Bigg|_{\substack{\gamma=t,\\ x_1=x}}-$$

$$-\left(T_{B_0}(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\big[\phi(\xi\chi(0,t))\big](x)+f(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\left[\int_0^{t}\phi(\xi\chi(\tau,t))d\tau\right](x)\right)^2$$

Равенства (9), (11) определяют математическое ожидание и дисперсионную функцию решения дифференциального уравнения (2) с начальным условием (3). Данные равенства получены для случайного процесса, характеристический функционал которого задан в виде (4). В зависимости от закона распределения случайного процесса, будет изменяться и его характеристический функционал. В работах [6-7] определен и обоснован нормальный закон распределения проекции вектора скорости, поэтому статистические характеристики решения уравнения (2) определялись для случая нормального (гауссова) распределения.

3. Математическое ожидание и дисперсионная функция решения уравнения притока тепла в случае гауссова распределения проекции вектора скорости

В случае гауссова распределения случайного процесса входящего в уравнение (2) характеристический функционал имеет вид:

$$\phi(\nu)=\exp\left(i\int_0^{t_1}M(\varepsilon(\tau))\nu(\tau)d\tau-\frac{1}{2}\int_0^{t_1}\int_0^{t_1}b(\tau_1,\tau_2)\nu(\tau_1)\nu(\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\right), \quad (12)$$

где $b(\tau_1,\tau_2)=M(\varepsilon(\tau_1)\varepsilon(\tau_2))-M(\varepsilon(\tau_1))M(\varepsilon(\tau_2))$ – ковариационная функция процесса $\varepsilon(t)$.

На основании вышесказанного математическое ожидание решения задачи (2) с начальным условием (3) имеет вид:

$$M(T_B(t,x)) = T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\exp\left(i\xi \int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \right.\right.$$

$$\left.\left. -\frac{1}{2}\xi^2 \int_0^t \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 \right)\right](x) + f(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \exp\left(i\xi \int_\tau^t M(\varepsilon(\tau_1))d\tau \right.\right. \quad (13)$$

$$\left.\left. -\frac{1}{2}\xi^2 \int_\tau^t \int_\tau^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 \right) d\tau \right](x)$$

Вторая моментная функция решения уравнения (2) определяется выражением:

$$M(T_B(t,x)T_B(\gamma,x_1)) = T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\exp\left[i\xi_1 \int_0^\gamma M(\varepsilon(\tau))d \right.\right.\right.$$

$$+ i\xi \int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2 \int_0^\gamma \int_0^\gamma b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \xi_1\xi \int_0^\gamma \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 -$$

$$\left.\left.\left. -\frac{1}{2}\xi^2 \int_0^t \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 \right]\right](x_1) + f(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^\gamma \exp\left[i\xi_1 \int_\tau^\gamma M(\varepsilon(\tau))d\tau + \right.\right.$$

$$+ i\xi \int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2 \int_\tau^\gamma \int_\tau^\gamma b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \xi_1\xi \int_\tau^\gamma \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 -$$

$$\left.\left. -\frac{1}{2}\xi^2 \int_0^t \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 \right] d\tau \right](x_1)\Bigg](x) + f(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \left(T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} \right.\right.$$

$$\left.\left. \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\exp\left[i\xi_1 \int_0^\gamma M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi \int_{\tau_1}^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2 \int_0^\gamma \int_0^\gamma b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \right.\right.\right.\right.$$

$$-\xi_1\xi\int_0^{\gamma}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau_1}^{t}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2]\Bigg](x_1) + f(x_1)\overset{x_1}{*}$$

$$\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\Bigg[\int_0^{\gamma}\Bigg(\exp[i\xi_1\int_{\tau}^{\gamma} M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi\int_{\tau_1}^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2\int_{\tau}^{\gamma}\int_{\tau}^{\gamma} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau$$

$$-\xi_1\xi\int_{\tau}^{\gamma}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau_1}^{t}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2]\Bigg)d\tau\Bigg](x_1)\Bigg)d\tau_1\Bigg] \quad (14)$$

При этом дисперсионная функция имеет вид:

$$D(T_B(t,x)) = \Bigg(T_{B_0}(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\Bigg[T_{B_0}(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\Bigg[\exp[2i\xi\int_0^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau -$$

$$-\xi^2\int_0^{t}\int_0^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2]\Bigg](x) + f(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\Bigg[\int_0^{t}\Bigg(\exp[i\xi\int_{\tau}^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau +$$

$$+i\xi\int_0^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau}^{t}\int_{\tau}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \xi^2\int_{\tau}^{t}\int_0^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2$$

$$-\frac{1}{2}\xi^2\int_0^{t}\int_0^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2]\Bigg)d\tau\Bigg](x)\Bigg](x) + f(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\Bigg[\int_0^{t}\Bigg(T_{B_0}(x)\overset{x}{*} \quad (15)$$

$$\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\Bigg[\exp[i\xi\int_0^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi\int_{\tau_1}^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi^2\int_0^{t}\int_0^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau$$

$$-\xi^2\int_0^{t}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau_1}^{t}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2]\Bigg](x) + f(x)\overset{x}{*}$$

$$\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\Bigg[\int_0^{t}\Bigg(\exp[i\xi\int_{\tau}^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi\int_{\tau_1}^{t} M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau}^{t}\int_{\tau}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau$$

$$-\xi^2\int_{\tau}^{t}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau_1}^{t}\int_{\tau_1}^{t} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\Big]\Big)d\tau\Big](x)\Big)d\tau_1\Big](x)$$

$$-\left(T_{B_0}(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\left[\varphi(\xi\chi(0,t))\right](x)+f(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\left[\int_0^t\varphi(\xi\chi(\tau,t))d\tau\right](x)\right)^2$$

Заключение

В настоящей статье предложена модель учета турбулентных свойств атмосферы, через компоненты скорости ветра в уравнении притока тепла в атмосфере. Идентифицированы математическое ожидание и дисперсионная функция решения уравнения притока тепла со случайными коэффициентами, как в общем виде, так и для гауссова распределения.

Список литературы

1. Nozhkin, V. S. A stochastic approach to the solution to the differential equation of heat transfer in the atmosphere / V.S. Nozhkin, M.E. Semenov, I.I. Ulshin // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – vol. 1368 042012. doi:10.1088/1742-6596/1368/4/042012.
2. Zadorozhniy, V. G. Stochastic model of heat transfer in the atmospheric surface layer / V. G. Zadorozhniy, V. S. Nozhkin, M. E. Semenov, I.I. Ul'shin // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2020. – vol. 60. – P. 459–471. doi.org/10.1134/S0965542520030173.
3. Zadorozhnii, V. G. A linear firet-order differential equation with ordinary variational derivatives / V.G. Zadorozhnii // – Moscow: Pleiades Publishing, Ltd., April 1993. – Vol. 53. – P. 383-388.
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. Nozhkin, V. A stochastic model of the moisture motion in the atmosphere: two-dimensional case / V. Nozhkin, M. Semenov, I. Ulshin and O. Sokolova // IEEE Xplore. International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT). – 2020. – P. 1–4. doi: 10.1109/ITNT49337.2020.9253297.

7. Nozhkin, V.S. A model of advective changes in air humidity: a stochastic approach / V.S. Nozhkin, V.G. Zadorozhniy, I.I. Ulshin and O.I. Kanishcheva // Int. J. Engineering systems modelling and simulation. – 2020. – Vol. 11. – No. 4. – P. 160–169. doi: 10.1504/IJESMS.2020.111273.

Возможности применения фильтров программы ScanViever для компьютерного моделирования и анализа морфологии микроповерхностей

И. А. Осипова, irinatmb741@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *В работе рассматриваются возможности применения программы ScanViewer для компьютерного моделирования и анализа морфологии поверхности защитной медицинской маски.*

Ключевые слова: *Компьютерное моделировние, сканирующая микроскопия, программа ScanViewer.*

Введение

Сканирующий зондовый атомно-силовой микроскоп (АСМ) NanoEducator, которым оснащена лаборатория по нанотехнологиям политехнического лицея-интерната Тамбовского государственного технического университета, позволяет рассмотреть поверхность различных материалов. Однако в силу многих причин, скан поверхности всегда отличается от истинного вида и требует дальнейшей доработки.

В связи с этим актуальным является использование специализированных программ, способных обрабатывать полученные с помощью сканирующего микроскопа изображения поверхностей, убрать несущественные шумы, выделить важные элементы, акцентировать внимание на главных моментах. Одной из таких программ является программа Scan Viewer. Ее простой и мощный интерфейс позволяет производить много полезных и нужных действий, направленных на более детальное и скрупулезное описание исследуемых поверхностей [1, 2].

1. Разработка моделей

В качестве примера рассмотрим возможности программы Scan Viewer для обработки изображения поверхности одного из слоев медицинской маски на резинке с носовым фиксатором, предназначенной для защиты дыхательных путей от проникновения инфекций и пыли, полученного с помощью сканирующего микроскопа NanoEducator в режиме АСМ. Для исследования была выбрана квадратная область материала маски со стороной 100,49 мкм, заданное разрешение 128. Результат сканирования и вертикальное сечение указанного

© Осипова И. А., 2021

направления, представлены на рис. 1. Наблюдается упорядоченная структура с явно выраженными максимумами, являющаяся отдельными нитями или волокнами не тканной структуры материала маски.

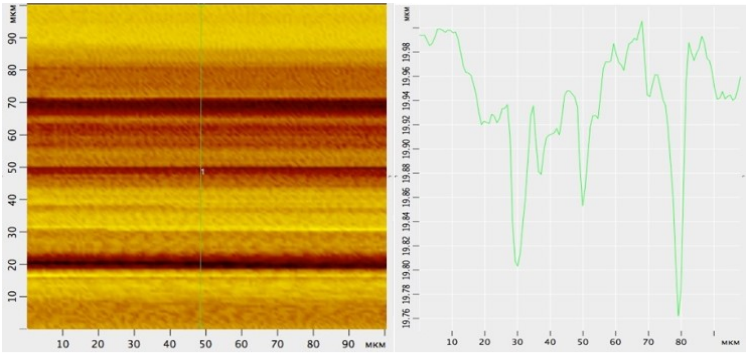


Рис. 1. 2D изображение поверхности защитной маски и ее сечение в вертикальном направлении

Сечение изображения длиной 98,11 мкм, состоящее из 125 точек с диапазоном значений от 19,75 до 20,02 мк, позволяет сделать вывод о том, что нити имеют размеры порядка 10-50 мкм, максимальное расстояние между ними порядка 50-70 мкм. Особенности работы сканирующего микроскопа не позволяют заглянуть глубоко внутрь вещества, но хорошо показывают морфологию поверхностного слоя. На более глубоком уровне нити переплетаются между собой не позволяя их рассмотреть.

Для детального описания полученного скана целесообразно воспользоваться возможностями фильтрования программы Scan Viewer. Для конкретной задачи подбирается соответствующий фильтр, позволяющий выделить существенные детали. Выясним расстояние между отдельными соседними нитями. Для этого применим горизонтальный фильтр Превита. В результате максимумы на изображении стали более отчетливы, это позволило точнее оценить расстояние между соседними структурами. Два ярких желтых максимумов справа расположены на расстоянии порядка 30 мкм, а слева 20 мкм. Сечение изображения длиной 98,11 мкм, состоящее из 125 точек с диапазоном значений от 19,75 до 20,02 мк, позволяет сделать вывод о том, что нити имеют размеры порядка 10-50 мкм, максимальное расстояние между ними порядка 50-70 мкм. Особенности работы сканирующего микроскопа не позволяют заглянуть глубоко внутрь вещества, но хорошо показывают морфологию поверхностного слоя. На

более глубоком уровне нити переплетаются между собой не позволяя их рассмотреть.

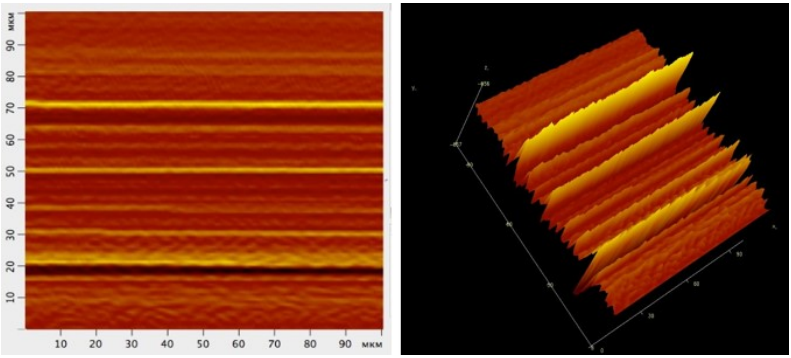


Рис. 2. 2D и 3D изображение поверхности в результате использования фильтра Превита

Для того, чтобы рассмотреть структуру поверхности в области отдельной нити удобно воспользоваться нелинейным медианным фильтром 7x7. На рис.3 показаны результаты преобразования изображения.

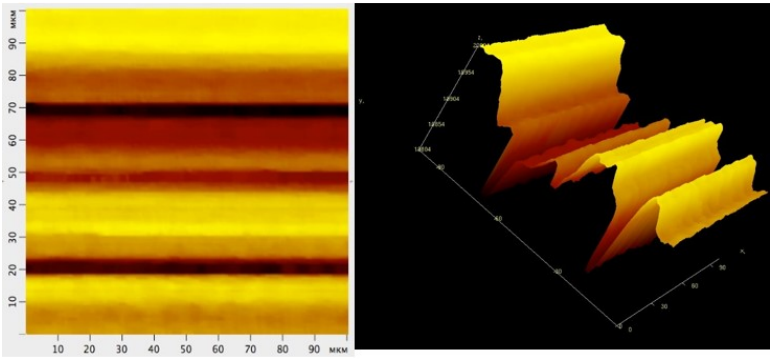


Рис. 3. Сканы изображений поверхностей МПС и МФФК микрофильтрационных пленок

На рис. 4 показаны 2D и 3D изображения поверхности после использования фильтра резкости Лапласа 3x3. Его применение, в отличие от горизонтального фильтра Превита, позволяет выявить наиболее значимые максимумы, оценить расстояние между ними, т.е.

можно судить о наиболее вероятном размере объектов (пылинок или капель), которые успешно будет задерживать поверхностный слой маски. Однако не дает общей пропускной или задерживающей способности материала маски, т.к. более глубокие слои с помощью сканирующего микроскопа рассмотреть нельзя.

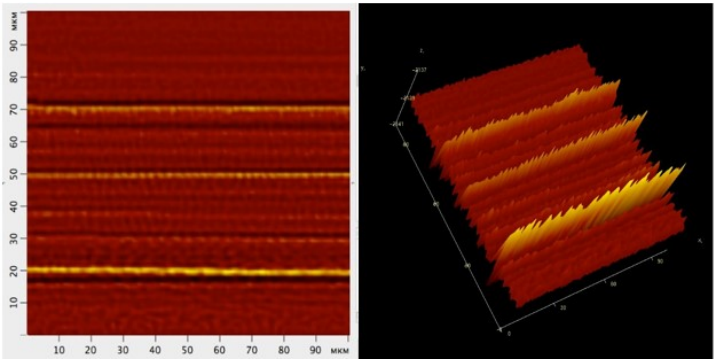


Рис. 4. 2D и 3D модели поверхности после применения фильтра резкости Лапласа 3x3

Для подтверждения справедливости выводов о структуре поверхности материала маски, полученных с помощью специальных фильтров программы Scan Viewer приведем изображение поверхности, полученное с помощью микроскопа «МЕТАМ ЛВ-41», объект микрометр на отражении, цена деления 10 микрон (рис.5).

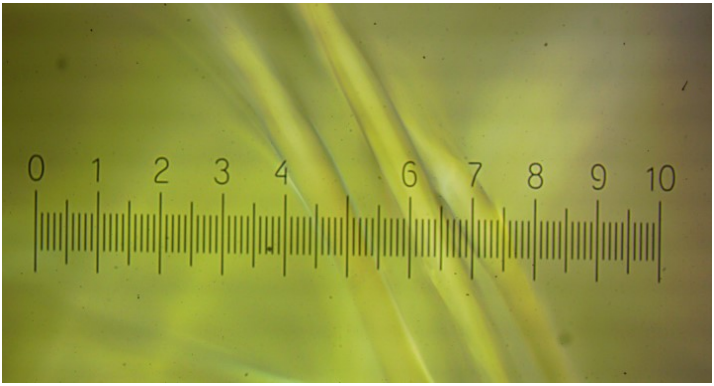


Рис. 5. Изображение поверхности, полученное с помощью микроскопа «МЕТАМ ЛВ-41»

Полученное изображение позволяет получить только общее представление о характере структуры поверхности материала медицинской маски

Заключение

Таким образом, программа Scan Viewer имеет большые возможности для анализа полученных с помощью зондового сканирующего микроскопа изображений поверхностей. Широкий спектр фильтров позволяет акцентировать внимание на максимумах, оценить расстояние между максимумами, дает возможность детально исследовать поверхность в целом и в отдельно взятой области, защитить от шумов различного типа. Это позволяет акцентировать внимание на существенных особенностях и отсеять неважное и ошибочное. Так же важно при работе с изображениями выполнить исследования этих поверхностей другим способом.

Список литературы

1. Осипова И. А. Особенности компьютерного моделирования поверхностей с помощью программы Scan Viewer // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2019. – С. 484-488.

2. Осипова И.А. Томография поверхности мембранных пленок с использованием возможностей программы SCANVIEWER / Осипова И. А., Исаева О.В. // В книге: Инновационные направления интеграции науки, образования и производства. Сборник тезисов докладов участников I Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е. П. Масюткина. 2020. С. 160-162.

3. Осипова И.А. Изучение морфологии поверхности средствами атомно-силовой микроскопии как метод исследования теплофизических свойств материала / Осипова И.А., Исаева О.В. // Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий : X Междунар. теплофизическая школа. 3-8 октября 2016, Душанбе, Таджикистан, 2016. – С. 498-500.

4. Осипова, И.А. Совершенствование профессиональной подготовки преподавателей физики на основе комплексного общефизического лабораторного практикума по волновой оптике / диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук . – Тамбов, 2001.

Модель распределения системных событий по приоритетности в автоматизированной системе в защищенном исполнении

И. П. Павлов, email: pavlovvvv1989@gmail.com
А. Б. Сизоненко

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С. М. Штеменко

Аннотация. *Рассмотрен процесс сбора системных событий в автоматизированной системе в защищенном исполнении, рассмотрены возможные воздействия внешних неблагоприятных факторов на журнал системных событий, предложен способ распределения системных событий на основе их приоритетности, произведено моделирование распределения системных событий по их приоритетности с помощью CPN ML (в сочетании с графическим редактором среды CPN Tools).*

Ключевые слова: *Информационная система, защита информации, автоматизированная система в защищенном исполнении, системные события, внешние факторы.*

Введение

Для предотвращения инцидентов информационной безопасности необходимо проводить анализ огромного количества данных, содержащихся в журналах системных событий. В настоящее время существует большое многообразие представлений журналов системных событий в различных информационных системах. Системные события содержатся в журналах регистрации событий операционных систем серверов и рабочих станций, журналах регистрации событий приложений, журналах регистрации событий средств безопасности, журналах регистрации событий внешнего прокси-сервера, журналах регистрации событий приложений конечного пользователя и в иных источниках.

Защита информации о системных событиях обеспечивается применение мер защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения или модифицирования, и в том числе включает защиту средств ведения регистрации и настроек механизмов регистрации

© Павлов И.П., Сизоненко А.Б., 2021

событий. В любой информационной системе подлежат регистрации следующие события [4]:

– вход (выход), а также попытки входа субъектов доступа в информационную систему и загрузки (установки) операционной системы;

– подключение машинных носителей информации и вывод информации на носители информации;

– запуск (завершение) программ и процессов (заданий, задач), связанных с обработкой защищаемой информации;

– попытки доступа программных средств к определяемым оператором защищаемым объектам доступа (техническим средствам, узлам сети, линиям (каналам) связи, внешним устройствам, программам, томам, каталогам, файлам, записям, полям записей) и иным объектам доступа;

– попытки удаленного доступа.

Традиционные средства защиты информации не позволяют обнаружить уже совершенные деструктивные воздействия и оценить ущерб их после реализации, следовательно, нельзя определить меры по предотвращению воздействий внешних факторов на информационную систему [3]. Поэтому важно надежно хранить и анализировать системные события в автоматизированной системе в защищенном исполнении.

1. Процесс сбора системных событий в автоматизированной системе в защищенном исполнении

Напомним, что автоматизированная система в защищенном исполнении – это автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций в соответствии с требованиями стандартов и/или иных нормативных документов по защите информации [1].

В данной статье рассматривается функционирование автоматизированной системы в защищенном исполнении (далее АСЗИ) на семействе операционных систем UNIX. Сбор данных о системных событиях осуществляется средством системного журналирования Syslog. Syslog служит для передачи уведомлений о событиях и использует многоуровневую архитектуру, которая позволяет передавать сообщения на основе разных транспортных протоколов.

Процесс сбора системных событий в АСЗИ изображен на рис. 1, где введены следующие обозначения:

- И1-n – узлы-инициаторы (генерируют содержимое для передачи в сообщениях);

- К1-i – узлы-коллекторы (собирают содержимое сообщений для дальнейшего анализа);

- Т1-m – узлы-трансляторы (пересылают сообщения, принимают сообщения от инициаторов или других трансляторов и передают их коллекторам или другим трансляторам).

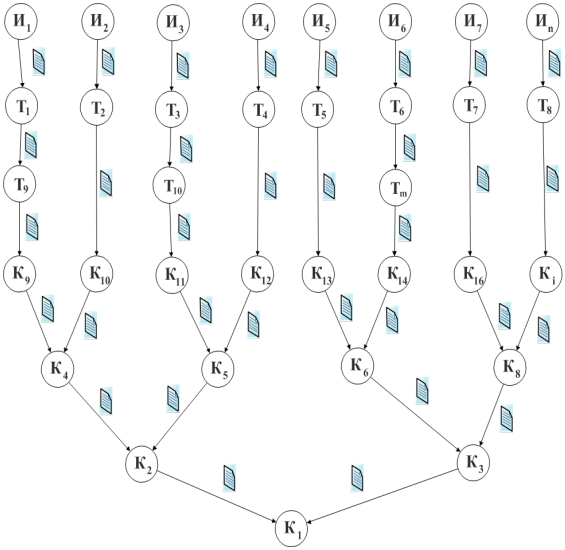


Рис. 1. Процесс сбора системных событий в АСЗИ

2. Возможные неблагоприятные внешние воздействия на журнал системных событий

На журнал с данными о системных событиях, могут воздействовать следующие субъективные внешние факторы [2]:

- доступ к защищаемой информации с применением технических средств;

- несанкционированный доступ к защищаемой информации;

- блокирование доступа к защищаемой информации путем перегрузки технических средств обработки информации ложными заявками на ее обработку;

- действия криминальных групп и отдельных преступных субъектов;

- искажение, уничтожение или блокирование информации с применением технических средств.

Специалистами в области защиты информации был выявлен ряд некоторых особенностей, которые в дальнейшем могут привести к

невыполнению заданных функций по регистрации, хранению и анализу информации о системных событиях в конкретной подсистеме, отвечающей за это, а именно [6]:

- отсутствуют механизмы обеспечения целостности передаваемых сообщений, помимо того, что сообщения могут быть отвергнуты, они могут повреждаться при передаче или изменяться злоумышленником, т. е. существует вероятность нарушения целостности сообщения;

- сообщения могут отбрасываться в сети в результате перегрузки, а также перехватываться и отбрасываться с целью сокрытия своих действий, т. е. отсутствует гарантия доставки сообщения;

- отсутствуют механизмы детектирования повторного применения сообщений, злоумышленник может записать набор сообщений, показывающих нормальную работу элемента системы, удалив данный элемент из сети и отправив собранные сообщения транслятору или коллектору, введёт администратора в заблуждение, т. е. существует вероятность повторного использования сообщения.

Проанализировав приведенные данные можно сделать вывод, что существующий способ регистрации и хранения системных событий не позволяет обеспечить выполнение функций по защищенному хранению системных событий, при выходе из строя или уничтожении узлов-коллекторов, собирающих информацию о системных событиях.

3. Распределение системных событий по их приоритетности

Произведенный анализ в пункте 2 данной статьи позволяет выдвинуть гипотезу, заключающаяся в том, что при распределении наиболее важной информации о системных событиях АСЗИ всем узлам коллекторам, мы обеспечим целостность и доступность информации о системных событиях, тем самым обеспечим возможность выполнения функций по регистрации, хранению и анализу системных событий, при возможных неблагоприятных внешних воздействиях на журналы с информацией о системных событиях.

Каждому происходящему событию в Syslog соответствует показатель приоритетности P (Priority), зависящий от двух числовых значений – источника F (Facility) и важности S (Severity). Значения Facility (табл. 1) должны быть в диапазоне от 0 до 23, включительно [6].

Таблица 1

Источники сообщений Syslog

Код	Источник (значимость)
0	Сообщения ядра
1	Сообщения пользовательского уровня
2	Почтовая система

Окончание таблицы 1

Код	Источник (значимость)
3	Системные службы (демоны)
4	Сообщения, связанные с защитой и предоставлением полномочий
5	Внутренние сообщения syslog
6	Подсистема печати (line printer)
7	Подсистема сетевых новостей (network news)
8	Подсистема UUCP
9	Часы (демон)
10	Сообщения, связанные с защитой и предоставлением полномочий
11	Демон FTP
12	Подсистема NTP
13	Аудит (log audit)
14	Сигнал (log alert)
15	Часы (демон)
16	Локальное (local0)
17	Локальное (local1)
18	Локальное (local2)
19	Локальное (local3)
20	Локальное (local4)
21	Локальное (local5)
22	Локальное (local6)
23	Локальное (local7)

Значения Severity (табл. 2) должны быть в диапазоне от 0 до 7, включительно [6].

Таблица 2

Уровни важности сообщений Syslog

Код	Уровень важности
0	Emergency – чрезвычайная ситуация, система не может использоваться
1	Alert – тревога, требуются незамедлительные действия
2	Critical – критическая ситуация
3	Error – ошибка
4	Warning – предупреждение
5	Замечание, нормальная но важная ситуация (состояние)
6	Informational – информационное сообщение
7	Debug – отладочное сообщение

Показатель приоритетности P рассчитывается по формуле (1) [6].

$$P = 8 \cdot F + S \quad (1)$$

Соответственно, чем значение P меньше, тем приоритетность сообщения выше.

С помощью CPN ML (в сочетании с графическим редактором среды CPN Tools) произведем моделирование алгоритма распределения системных событий по приоритетности на рис.2.

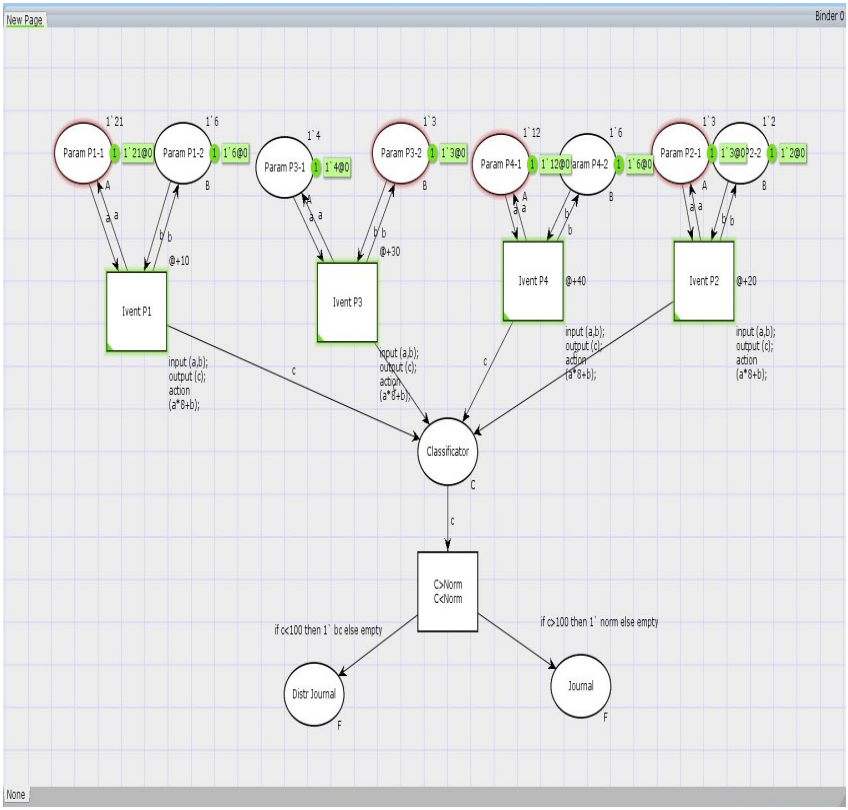


Рис. 2. Графическое представление работы программы

На данном рисунке системным событиям (их 4) соответствуют переходы Ivent P1, Ivent P2, Ivent P3, Ivent P4. У Каждого соответствующего системного события есть значения Facility, которому соответствуют позиции Param P1-1, Param P2-1, Param P3-1, Param P4-1 и есть значения Severity, которым соответствуют позиции Param P1-2, Param P2-2, Param P3-2, Param P4-2. Значения Facility и Severity

задаются значениями из таблиц 1,2. Далее в позицию Classificator поступают вычисленные значения показателя приоритетности системного события P по формуле (1). После этого полученные значения P поступают в переход, который выполняет функцию фильтра, в данном случае пороговое значение P=100. В итоге алгоритм работы программы заканчивается распределением четырех системных событий с заданными значениями Facility и Severity по журналам регистрации системных событий, которым соответствуют позиции Distr Journal и Journal.

Используя данный алгоритм, мы распределим системные события по их приоритетности на два журнала, в одном будет храниться наиболее важная информация, а во втором журнале будут находиться все остальные системные события. Распределение информации о системных событиях позволит сэкономить время для анализа огромной информации о системных событиях в автоматизированной системе в защищенном исполнении, так как анализу будут подвергнута только важная информация о системных событиях.

4. Формат записи информации о системном событии, вносимый в распределенный реестр

При воздействии внешних неблагоприятных факторов на журналы системных событий в АСЗИ, может сложиться ситуация, когда журнал системных событий может быть изменен или уничтожен, а это в свою очередь не позволит произвести мониторинг событий, и мы не сможем выяснить причин, повлекших за собой серьёзные последствия для безопасности АСЗИ.

Для обеспечения целостности и защиты от модификации наиболее важной информации о системных событиях предлагается использовать распределенный реестр [5].

Предлагается формат записи информации о системном событии в поле SCI (stored control information), изображенного на рис. 3.

Поля DATA, TS, ID, IDP, IS, IN формируются автоматически при регистрации события. Помимо самого события его хэш-код (HD) также вносится в регистрационную запись. Это является дополнительной мерой защиты целостности информации о системном событии и практически исключит возможность несанкционированного внесения в неё изменений. Запись подписывается ключом подписи пользователя (конкретного узла-коллектора или узла-транслятора).

Далее заполненные поля SCI группируются в блоки и заносятся в распределенный реестр [5].

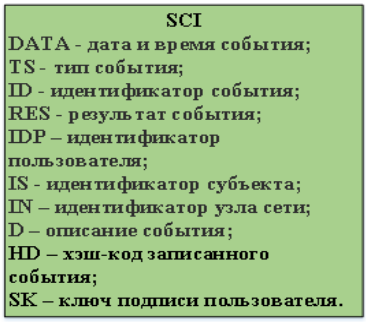


Рис. 3. Формат записи информации о системном событии

Заключение

Предложенный способ распределения и регистрации системных событий позволит уменьшить время, затрачиваемое на их анализ, обеспечит целостность и доступность информации при воздействиях субъективных внешних факторов, а также обеспечит защиту журналов системных событий АСЗИ от модификации.

Список литературы

1. Защита информации. Порядок создания автоматизированных систем в защищенном исполнении. Общие положения : ГОСТ Р 51583-2014 – Введ. 01.09.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 21с.

2. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию : ГОСТ Р 51275-2006 – Введ. 27.12.2006. – М. : Стандартинформ, 2006. – 12с.

3. Лукацкий, А. В. Обнаружение атак : / А. В. Лукацкий : БХВ-Петербург, 2001. – 563 с.

4. Методический документ «Меры защиты информации в государственных информационных системах», утвержденный ФСТЭК России 11 февраля 2014 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fstec.ru/component/attachments/download/675

5. Павлов, И.П. Способ распределения информации журналов событий информационной безопасности в корпоративной информационной системе на основе технологии Блокчейн / И.П. Павлов, А.Б. Сизоненко // «Российская наука в современном мире» XXXII Международная научно-практическая конференция. – 2020. – С. 50-53.

6. Энциклопедия сетевых протоколов: Протокол Syslog [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.protocols.ru/WP/wp-content/uploads/2017/10/rfc5424.pdf

Оценка влияния адаптивного управления амплитудной диаграммой направленности антенной решетки на ошибки фазовых измерителей

М. Л. Паринов, email: pml_27_2_8@mail.ru
Р. С. Нистратов, email: jack3.5mme@gmail.com
К. Я. Солайман

ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. *В статье рассматриваются модели процессов управления амплитудным распределением антенной решетки фазовых измерителей и оценки влияния последнего на соотношение сигнал/шум при определении относительных пространственных фазовых набегов в задачах нахождения параметров линии положения источников излучения.*

Ключевые слова: *фазовые методы, диаграмма направленности, измеритель фазы, источник излучения, линия положения.*

Введение

Существенной проблемой в настоящее время является решение задачи поиска, обнаружения и определения пространственного положения многоцелевых беспилотных летательных аппаратов и других летно-подъемных средств (ЛПС). Возникновение подобного рода обстоятельств обуславливается, в первую очередь, достижениями в области разработки специальных покрытий, обеспечивающих значительное снижение эффективной площади рассеивания ЛПС, что практически исключает возможность их обнаружения и оценки пространственного положения методами активной локации. В таких условиях информативной составляющей координатометрии ЛПС является электромагнитное излучение канала управления, сравнительная оценка параметров которого в различных точках пространственно-временного континуума позволяет определять линию положения (ЛП) и координаты источника излучения (ИИ).

Как показали исследования, проведенные в работах [1-3], наиболее рациональными, с точки зрения точности формирования параметров пространственной линии положения, являются способы, ориентированные на оценку величины относительного пространственного фазового набега электромагнитной волны (ЭМВ) в

© Паринов М. Л., Нистратов Р. С., Солайман К. Я., 2021

нескольких разнесенных на расстояние, не превышающее половины длины волны, точках.

Вместе с тем, принимая во внимание возможные меры по снижению энергетических затрат, при формировании канала управления ЛПС в интересах, в том числе, увеличения временного ресурса, которые могут заключаться в реализациях функций пространственно-временной и энергетической адаптации, следует ожидать существенного снижения эффективности фазовых методов определения линии положения ИИ, вследствие значительного уменьшения энергии сигнала.

Подобные условия определяют необходимость формирования способов, направленных на адаптивное, применительно к сигнально-помеховой обстановке, управление амплитудной диаграммой направленности (АДН) антенной решетки (АР), фазовых измерителей в интересах повышения значения соотношения сигнал/шум при реализации фазовых методов определения направления на ИИ.

Сказанное выше обуславливает цель настоящей статьи, заключающуюся в моделировании процессов управления АДН антенной решетки и оценке относительного фазового набега ЭМВ в интересах определения влияния изменяющейся пространственной структуры АДН, пересчитанной в соотношение сигнал/шум в направлении на ИИ, на ошибки фазовых измерений, при решении задач нахождения параметров линии положения последнего.

1. Способ адаптивного управления амплитудной диаграммой направленности

Обобщенная структура способа адаптивного управления АДН при реализации функции фазовых измерений в условиях определения линии положения ИИ представлена в следующем виде:

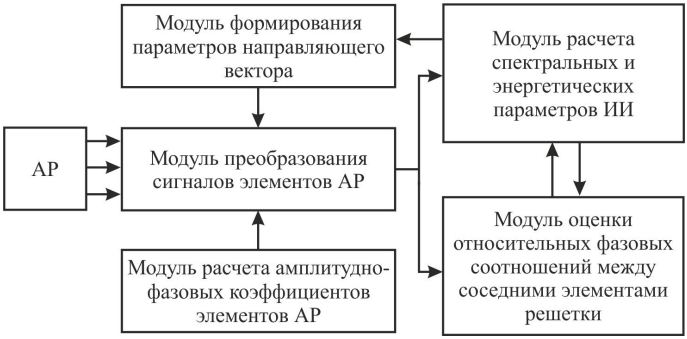


Рис. 1. Структурная схема способа адаптивного управления АДН

В соответствии с приведенной на рис. 1 структурой, предварительная оценка пространственных параметров ИИ производится на основе фазовых измерений, базирующихся на известных вычислительных алгоритмах оценки фазы сигнала, ориентированных на минимизацию логарифма функционала правдоподобия, определяемого в следующем виде [4]:

$$q(\varphi) = \frac{2}{N}\int_0^T \xi(t)s(t,\varphi)dt\,, \tag{1}$$

где N – спектральная плотность мощности шума; T – время накопления; $s(t,\varphi)$ – функция, определяющая опорный сигнал, в качестве которого может рассматриваться сигнал одного из вибраторов решетки.

Применительно к гармоническому монохроматическому сигналу без угловой и амплитудной модуляций $s(t,\varphi) = A\cdot\cos(\omega t + \varphi)$ точку экстремума функции $q(\varphi) - \hat{\varphi}$ определим решением следующего уравнения:

$$\frac{dq(\varphi)}{d\varphi} = 0 \Rightarrow A\cdot\int_0^T \xi(t)\sin(\omega t + \varphi) = 0\,. \tag{2}$$

Решив (2) относительно $\hat{\varphi}$, окончательно получим:

$$\hat{\varphi} = -arctg\frac{\int_0^T \xi(t)\sin\omega t dt}{\int_0^T \xi(t)\cos\omega t dt}\,. \tag{3}$$

Опираясь на выражение (1) и принимая во внимание результаты, полученные в [4], величину дисперсии оценки относительного пространственного фазового набега определим в следующем виде:

$$D_{\hat{\varphi}} = -\left(\frac{d^2q(\varphi)}{d\varphi^2}\right)^{-1}\Bigg|_{\varphi=\hat{\varphi}} = -\frac{1}{\frac{2}{N}\int_0^T A^2\cdot\cos(\omega t+\varphi)\cdot\cos(\omega t+\hat{\varphi})dt} \approx$$
$$\approx \frac{N}{2E\cdot\cos(\varphi-\hat{\varphi})}\Bigg|_{\varphi=\hat{\varphi}} = \frac{N}{2E} \tag{4}$$

Таким образом, соотношение (4) позволяет определить, как влияет соотношение сигнал/шум, изменяемое вследствие управления пространственной структурой амплитудного распределения АР, на точность оценки относительной фазы сигналов ее элементов.

2. Алгоритм управления диаграммой направленности антенной решетки

Известно, что оптимальный вектор весовых коэффициентов $\dot{\mathbf{W}}_{\text{опт}}$, обеспечивающий требуемое положение главного лепестка диаграммы направленности по критерию максимизации соотношения сигнал/шум, определяется значениями элементов ковариационной матрицы сигналов $\dot{\mathbf{\Phi}}_{\text{хх}}$ и направляющего вектора $\dot{\mathbf{V}}_{\text{нв}}$ [5]:

$$\dot{\mathbf{W}}_{\text{опт}} = (1/\eta)\dot{\mathbf{\Phi}}_{xx}^{-1}\dot{\mathbf{V}}_{\text{нв}} \tag{5}$$

где $\eta = \left(\dot{\mathbf{W}}_{\text{опт}}^{\text{T}}\dot{\mathbf{V}}_{\text{нв}} \Big/ \dot{\mathbf{W}}_{\text{опт}}^{\text{T}}\dot{\mathbf{\Phi}}_{xx}\dot{\mathbf{W}}_{\text{опт}}\right)$ – параметр (комплексное число) АР в установившемся режиме.

Значения элементов направляющего вектора определяются в соответствии с особенностью структуры опорного вектора $\dot{\mathbf{D}}$, формируемого на основе взаимных фазовых коэффициентов опорного сигнала и сигналов элементов АР.

Аналитическое соотношение, характеризующее направляющий вектор запишем в следующем виде:

$$\dot{\mathbf{V}}_{\text{нв}}{}^{\text{T}} = \dot{\mathbf{D}}^{\text{T}} \cdot u_0(t) \Big/ U_{\text{с}} = \left[1 \quad \ldots \quad \exp j\varphi_{0ij} \quad \ldots \quad \exp j\varphi_{0Nj}\right] \tag{6}$$

где $U_{\text{с}}$ – амплитуда сигнала в антенном элементе (АЭ), φ_{0ij} – фазовый сдвиг опорного сигнала в *i*-м АЭ относительно *j*-го.

Таким образом, процедура формирования главного лепестка ДН в направлении обнаруженного ИИ состоит в предварительном определении угловых координат с последующим расчетом направляющего вектора $\dot{\mathbf{V}}_{\text{нв}}^{*}$ [5].

3. Модель влияния ширины амплитудной диаграммы направленности на дисперсию оценки фазы

Принимая во внимание изложенное выше, структуру модели, позволяющей производить оценку влияния АДН на дисперсию фазы, определим в виде, представленном на рис. 2:

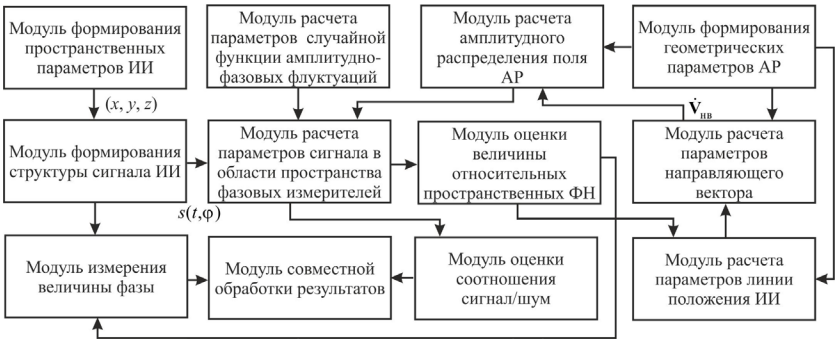
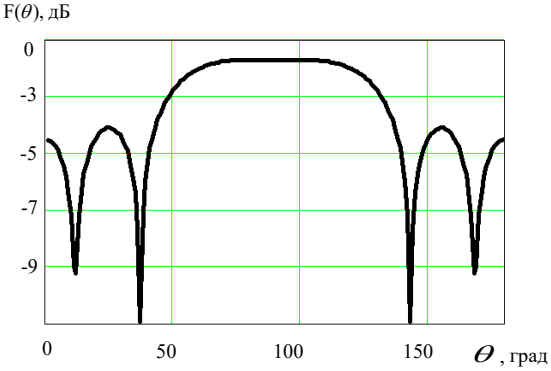


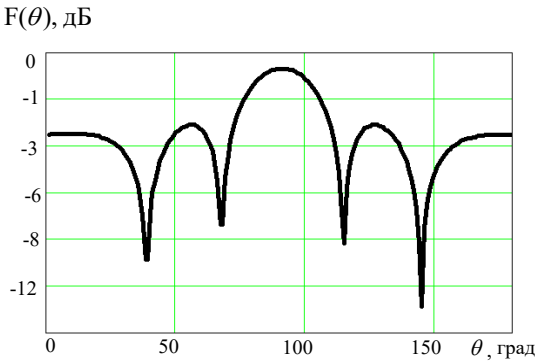
Рис. 2. Структура модели влияния ширины АДН на дисперсию оценки фазы

Представленная вычислительная структура реализована в среде Mathcad. В интересах проведения вычислительного эксперимента определим исходные данные в следующем виде: пятиэлементная линейная антенная решетка при воздействии на нее гармонического сигнала и отсутствии помех, антенные элементы представляют собой полуволновые несимметричные вертикальные вибраторы. На рис. 3 *а* представлена исходная ДН главный лепесток которой шириной $2\theta^{\circ}_{3дБ} = 100^{\circ}$ ориентирован в направлении $\theta = 100^{\circ}$.

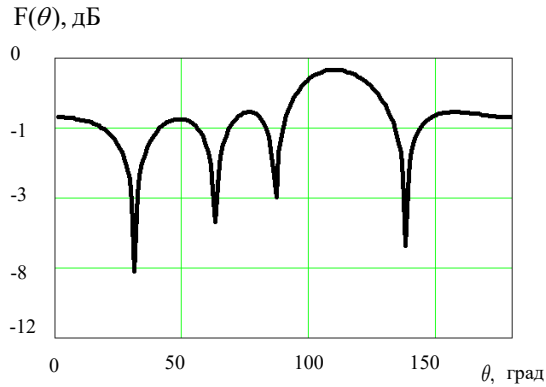
Результирующие структуры амплитудных распределений представлены на рис. 3 *б* и *в*.



а – диаграмма направленности ААС для одновременного просмотра сектора пространства $\Delta\theta = 100^{\circ}$



б – результирующая ДН в направлении ИРИ с $\theta_c = 90^0$



в – результирующая ДН в направлении ИРИ с $\theta_c = 110^0$

Рис. 3. Результирующие ДН при адаптивном управления АДН

Анализ представленных на рис. 3. АДН показывает, что изменение фазовой структуры направляющего вектора в соответствии с предварительными оценками направления на ИИ приводит к незначительной деградации симметрии распределения с одновременным смещением направления максимального излучения на величину, характеризующуюся угловой координатой источника. При этом ширина ДН уменьшается согласно результатам (см. рис. 3 *б*, *в*) с $2\theta^{o}_{3дБ} = 100^{o}$ до $2\theta^{o}_{3дБ} = 30^{o}$ $(\theta_{max} = 110^{\circ})$ и $2\theta^{o}_{3дБ} = 25^{o}$ $(\theta_{max} = 90^{o})$.

Изменение ширины ДН, как это показано на рис. 4, приводит к увеличению соотношения сигнал/шум применительно к направлению на ИИ (главный максимум ДН), так при сужении главного лепестка с $2\theta^{\circ}_{3\partial Б} = 150^{\circ}$ до $2\theta^{\circ}_{3\partial Б} = 100^{\circ}$, соотношение сигнал/шум увеличивается с q=10 до 16. Следует отметить, что поведение функции $q(\Delta\theta)$ зависит от исходного соотношения сигнал/шум (рис. 4), так, при $q_0 = 3$ $\frac{dq}{d\Delta\theta} \approx 0,04$, а при $q_0 = 10$ $\frac{dq}{d\Delta\theta} \approx 0,16$ (производная определялась при условии линеаризации области анализа функции).

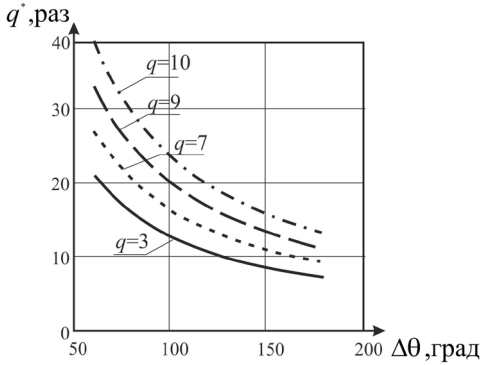


Рис. 4. Зависимость соотношения сигнал/шум от ширины лепестков ДН

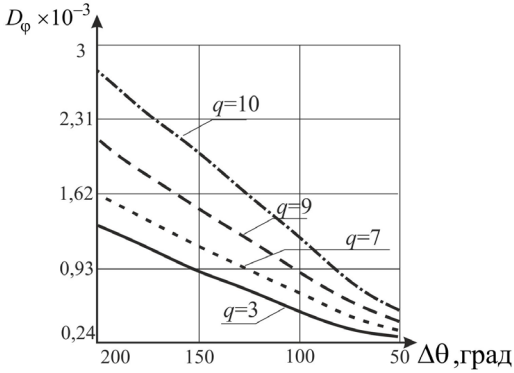


Рис. 5. Зависимость дисперсии оценки фазы от ширины лепестков ДН

Следствием изменения соотношения сигнал/шум при корректировке амплитудного распределения является увеличение (уменьшение) дисперсии оценки относительного пространственного фазового набега, как это показано на рис. 5. Так, при изменении $2\theta^{o}_{3дБ}$ со 150^{o} до 50^{o} дисперсия фазы уменьшается более чем в 2,5 раза, что является существенным, с точки зрения последующей оценки параметров линии положения ИИ.

Заключение

Таким образом, в настоящей статье разработана модель, позволяющая реализовать функционал корректировки амплитудного распределения АР в соответствии с результатами предварительной оценки направления на ИИ. Помимо этого, представленная в статье модель обеспечивает формирование величины дисперсии оценки фазы сигналов антенных элементов решетки, как функции от ширины ее ДН.

Полученные результаты могут быть использованы в интересах формирования требований к пеленгаторным антенным системам и алгоритмам функционирования их диаграммо-образующих схем, при которых обеспечивается заданное качество пеленгования и координатометрии источников радиоизлучения.

Список литературы

1. Козирацкий Ю.Л. Модели пространственного и частотного поиска. Монография. – М.: Радиотехника, 2014.

2. Козирацкий Ю. Л. Методический подход к определению местоположения источника электромагнитного излучения / Ю. Л. Козирацкий, М.Л. Паринов, Ахмад аль Рахья // Радиотехника. – 2010. – №8. – С.77-82.

3. Козирацкий, Ю.Л. Методика определения местоположения источника электромагнитной волны по фазовому портрету фронта волны на плоскости / Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов, Э.К. Алгазинов // Материалы X международной научно-методической конференции “Информатика: проблемы, методология, технологии”. – Воронеж: ВГУ, 2010 г., – С.136-141.

4. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320с.

5. Особенности методов пространственно-временной обработки для повышения отношения сигнал/помеха на входе аппаратуры потребителей глобальной навигационной спутниковой системы / В.А. Павлов [и др.] // Радиотехника. – 2018. – №7. – С. 94-100.

Программный продукт для планирования работы сотрудников IT-компании

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 данной работе рассматривается процесс разработки программного продукта для планирования и анализа работы сотрудников, а также распределения IT-проектов.*

Ключевые слова: *IT-проект, коэффициент эффективности, область знаний, планирование проектов, SAP.*

Введение

Успех работы IT-компании во многом зависит от эффективности использования в ней методов оперативного и стратегического планирования. На данный момент в сфере IT-менеджмента данная тема реализована не в полной мере. Однако, именно применение оперативного и стратегического планирования позволяет не только увеличить производительность, а значит, и прибыль, но и проводить анализ выполненной работы, что помогает определять ключевые направления развития IT-компаний в будущем [1, 2].

В работе поставлена и решена задача разработки программного продукта для планирования и анализа работы сотрудников, а также распределения IT-проектов.

Актуальность данной задачи обоснована возможностью существенного уменьшения временных затрат навыполнение IT-проектов и повышение качества анализа работы сотрудников.

1. Проблемы планирования в IT-компаниях

Для учета времени работы программистов используется ряд специализированных систем оперативного планирования. Эти приложения включают следующий функционал [3]:

– добавление часов на проект;
– запись отработанных часов;
– проверка записанных часов;
– создание отчета для клиента;

© Попов В. В., Попова И. В., 2021

– просмотр статистики отработанного времени по проекту;
– внесение запроса на отпуск;
– отображение списка сотрудников с ближайшими датами отпуска;
– возможность указать даты выходных, праздников, больничных.

Стоит отметить, что во многих системах тайм менеджмента существует возможность анализа эффективности работы программиста: сколько часов он отработал и на каких проектах, а сколько болел или был в отпуске. Регистрация времени является одним из важнейших требований для каждой IT-компании. Именно учет затраченного на работу времени позволяет создавать счета на оплату для клиентов, а также рассчитывать зарплату и премии для программистов.

Примером может служить следующая ситуация: два программиста работают над одним и тем же заданием. Первый выполняет задание за 5 рабочих дней (40 часов), написав код высокого качества. Второй программист написал код более низкого качества, возможно он не такой быстродействующий, но зато он затратил на это задание 3 рабочих дня (24 часа). Тут следует учитывать, что для руководителя на проекте важнее – качественный быстродействующий код или более быстрое время выполнения данного задания. Конечно, при добавлении новых возможностей в уже существующем приложении или написании приложения с нуля важнее первый вариант, но, если проблема возникла в продуктивной системе и необходимо срочно ее исправить, отдается преимущество второму программисту.

Более того, данные системы помогают учитывать отработанное время в случае отсутствия заданий, т.к. сотрудник обязан описать темы, которые он изучал. Учет продуктивного времени и времени, потраченного на обучение и отдых (отпуск, б/с), позволяет грамотно рассчитывать премии.

Другой проблемой 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.

Анализ работы программистов IT-компаний показал, что одной из важных и актуальных проблем является объективное определение уровня значимости или эффективности сотрудника. В настоящее время это является необходимым критерием для планирования проектов, а также выплаты зарплаты и возможности выплаты премий. Один из наиболее востребованных способов оценивания уровня работы программиста – это оценка его от уровня «Junior»до «Lead». Уровень программиста по данной шкале используется практически во всех IT-компаниях, что облегчает поиск нужного кандидата и упрощает понимание его знаний. Однако, уровень у двух программистов может быть одинаковый, а пользу компании они могут приносить разную. Таким образом, ограничиться только одной оценкой в каждой категории от «Junior» до «Lead» является не вполне оптимальным. В некоторых компаниях сотрудников оценивают по отзывам коллег, в других вычисляют «коэффициент эффективности» работы программиста. «Коэффициент эффективности» – это коэффициент, показывающий на сколько эффективно работает программист. Данный коэффициент используется для вычисления рабочего времени на проект (продуктивное время), а также учитывается при определении оплаты труда. Рассмотрим пример компании, которая использует методы оценки уровней от «Junior» до «Lead». При таком подходе для каждого уровня или категории программистов назначается определенный фиксированный (статичный) коэффициент значимости. Коэффициент эффективности позволяет соотнести эффективность работы программистов с разным уровнем подготовки. Необходимо отметить, что при данном подходе не учитываются личные качества программистов внутри одной категории.

Другим важным критерием при распределении проектов является область знаний программиста – в какой области сотрудник разбирается лучше всего, а в какой сможет выполнить только самые простые задачи. Данные сведения позволяют менеджеру проектов быстрее распределить проекты, но что более важно, увидеть, в каких областях недостаточно специалистов. Таким образом, при нехватке ресурсов в определенной области, руководитель, подобрав нужные курсы, может отправить программиста на обучение – повышение квалификации.

В настоящее время определены следующие области знаний: Srm, Erp, Workflow, Webdynpro, Fiori, Javascript, Hana, SAP Cloud Platform, RPA.

В каждой компании определяется свой актуальный на данный момент перечень.

Для исследуемой компании штат которой составляет 10 программистов такой перечень представлен в таблице 1.

Таблица 1

Компетентность программистов в областях знаний (в баллах)

	SRM	ERP	Workflow	Webdynpro	Fiori	JavaScript	Hana	SAPCloudPlatform
Программист 1	5	4	5	3	1	1	5	1
Программист 2	4	4	3	3	2	2	5	2
Программист 3	2	2	2	1	5	5	4	5
Программист 4	2	1	5	3	1	2	2	2
Программист 5	5	5	5	5	4	4	5	4
Программист 6	2	2	1	1	2	2	1	2
Программист 7	4	3	5	3	2	3	4	3
Программист 8	4	4	3	5	2	3	4	5
Программист 9	1	3	1	4	1	1	5	1
Программист 10	2	3	4	2	3	4	2	1

Таблица показывает знаниями каких программных продуктов обладает определенный состав сотрудников компании и позволяет определить слабые места в некоторых областях знаний.

2. Анализ загрузки сотрудников IT-компаний

В процессе анализа существующего бизнес процесса невозможно обойтись без вычисления загрузки сотрудников на данный момент и разницы между спланированной и выполненной работой [3, 4].

Для вычисления этих данных были использованы данные компании из систем управления рабочим временем сотрудников и планирования сотрудников на проект. Выборка данных проводилась в зависимости от уровня программиста и области знаний.

На рисунке 1 представлена процентная загрузка программиста продуктивными заданиями в зависимости от категории. Показано, что самыми востребованными являются программисты уровня «Lead». Их загрузка составляет около 98%. Следующими являются сотрудники с уровнями «Middle» и «Senior». Процент загрузки у первых всего на 0,5% больше. А вот процент загрузки программиста уровня «Junior» меньше примерно на 7% и составляет 78,85%.

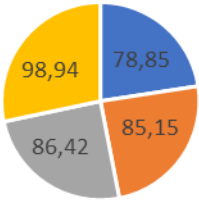


Рис. 1. Загрузка программистов по категориям, в %

На рисунке 2 представлена загрузка программиста в различных областях знаний. Проанализировав загрузку программистов по областям знаний, можно сделать вывод о том, что наиболее востребованными направлениями являются Srm, Fiori, Hana. Наименее востребованы программисты в области Workflow и RPA.

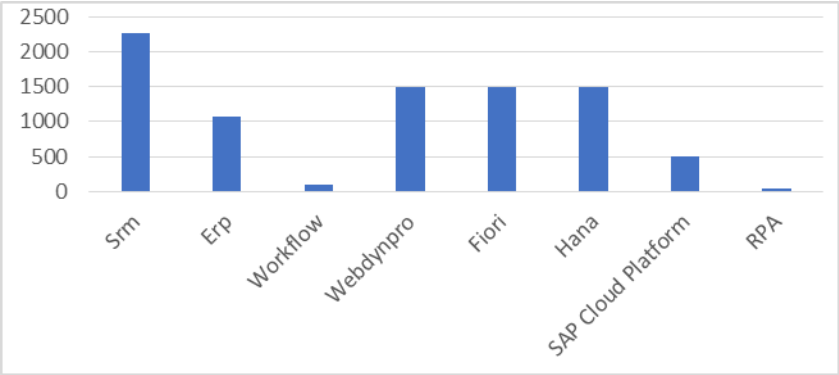


Рис. 2. Загрузка программистов в зависимости от области знаний, в часах

Представленный анализ показал, что 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.

Одним из главных недостатков таких методов является невозможность оценить какой сотрудник работает эффективнее, кому следует выплатить премию, а какой сотрудник работает менее эффективно и не приносит большую пользу для компании. Несмотря на одинаковый уровень профессиональной подготовки один программист может работать более эффективно, чем другой.

3. Анализ существующих решений по планированию

В настоящее время для выполнения планирования существует ряд систем, которые были проанализированы в работе по следующим критериям: простота настройки, простота использования, анализ данных в реальном времени, для больших проектов и для нескольких проектов, расчет оставшегося бюджета в реальном времени, расчет чистой прибыли, расчет рентабельности проекта, интеграция с существующим решением. На основе анализа построена диаграмма, представленная на рисунке 3.

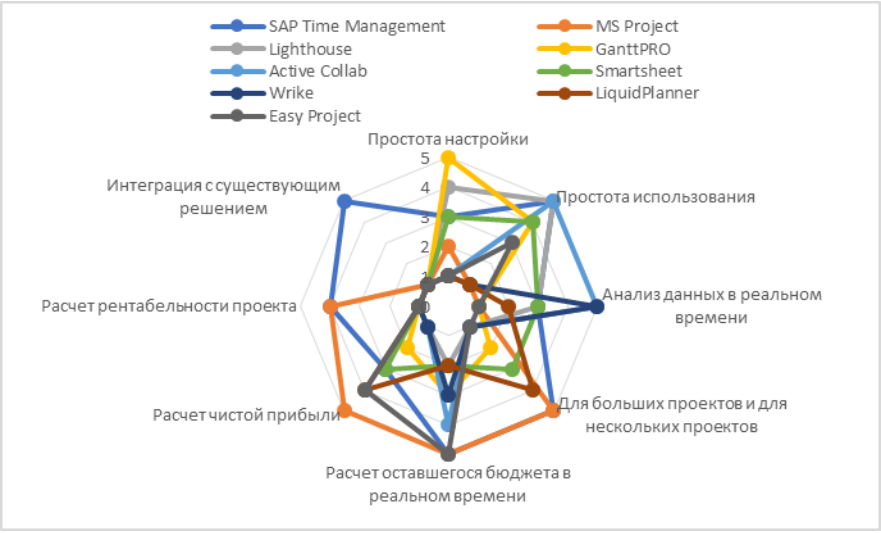


Рис. 3. Оценка приложений планирования проектов

Полученные результаты показывают, что ни одно из предложенных решений не соответствует всем критериям, которые были выбраны для сравнения. Таким образом, многие компании, понимающие

существенные недостатки представленных выше программ, создают свои программы, помогающие им оценивать и планировать работу сотрудников. Такие программы изначально требуют определенных ресурсов в качестве трудозатрат своих сотрудников, но при этом такие программы включают весь необходимый функционал и учитывают тонкости работы той или иной компании (и ее бизнес процесс).

4. Реализация программного продукта для планирования и анализа работы сотрудников

Создание нового приложения в среде SAP является наиболее оптимальным вариантом. Функционал нового приложения будет отвечать актуальным на сегодняшний день запросам пользователей – руководителей и менеджеров проекта. Также приложение легко интегрируется с уже существующим приложением для учета времени. Еще одним плюсом является сохранение данных о сотрудниках и проектах внутри компании. Большим плюсом является то, что данное решение не будет требовать дополнительных материальных затрат.

Для хранения данных были созданы 5 таблиц (рисунок 4).

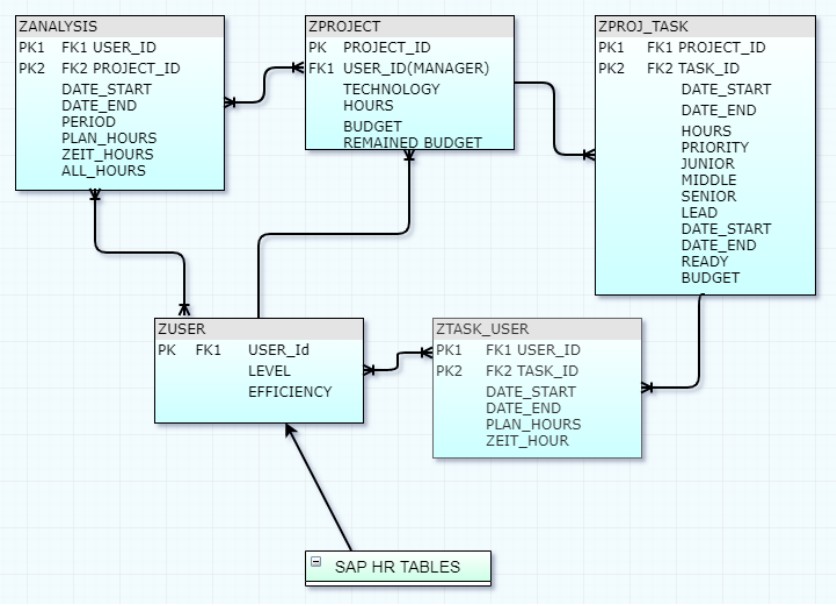


Рис. 4. Архитектура базы данных

Новое приложение позволяет видеть данные в реальном времени, что позволит менеджеру проекта сразу заметить, когда заканчивается бюджет проекта. Четкий учет и распределение времени по проектам дает возможность оценивать рентабельность проекта и вычисление чистой прибыли.

Архитектура приложения представлена тремя уровнями:

Уровень базы данных – используется система управления реляционной базой данных (РСУБД SAPR/3).

Сервер приложения – представляет собой классы и методы для работы с базой данных и пользователем.

Сервер представления (клиент) – здесь описан интерфейс приложения для пользователя и логика для отображения UI-элементов на экран.

На этапе построения приложения было принято решение, что система однозначно должна отвечать базовым принципам (инкапсуляция, полиморфизм и наследование). При реализации было определено правило, что каждый метод класса будет отвечать лишь за одно конкретное действие. Архитектура классов представлена на рисунке 5.

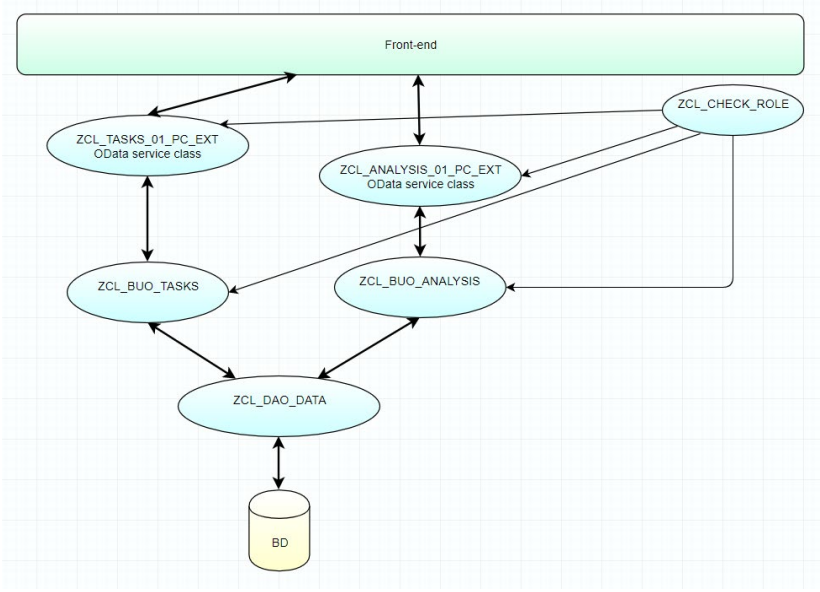


Рис. 5. Архитектура классов

Для реализации уровня презентации был выбран интерфейс FIORI. Он в свою очередь использует SAP User Interface HTML5. SAPUI5 – это фреймворк для разработки пользовательских интерфейсов на базе кросс-браузерной JavaScript библиотеки [4].

Основные функции, реализованные в приложении: добавить новый проект, запланировать проект, вычисление оставшегося бюджета проекта, анализ в реальном времени – по неделям и месяцам, анализ загруженности каждого пользователя по уровням и по областям знаний, интеграция с приложением учета времени работы сотрудников – данные из него для анализа. Главный экран приложения для пользователя с ролью «Менеджер проекта» представлен на рисунке 6.



Рис. 6. Главный экран для пользователя «Менеджер проекта»

При нажатии на кнопку «Планирование» открывается новый экран, на котором отображаются сотрудники и соответствующие им проекты. Менеджер проекта может добавлять новые проекты, нажав на кнопку «Добавить проект», а также менеджер может добавить новое задание для проекта.

Заключение

В используемых в настоящее время программных продуктах информация, как правило, 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.

Реализация представленного программного продукта планирования и анализа работы сотрудников позволила в некоторой мере устранить описанные выше проблемы. На рисунке 7 показаны результаты загрузки программистов продуктивными заданиями (в процентах) оранжевая линия – до использования разработанного программного продукта, голубая линия – после применения программного продукта.

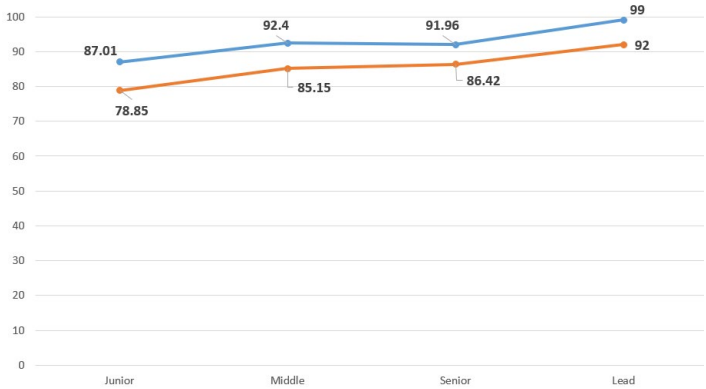


Рис. 7. Процент продуктивной загрузки программистов

Можно отметить, что продуктивная нагрузка программистов увеличилась в среднем на 7%, что составляет около 9 часов в месяц для одного программиста. Для 10 программистов получаем увеличение продуктивной нагрузки в среднем на 90 часов в месяц.

В работе было определено, что индивидуальная оценка каждого программиста повышает контроль над его загрузкой, 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. Матвеев, М. Г. Методы решения задач управления предприятием в условиях расплывчатой неопределенности / М. Г. Матвеев, Г. Н. Лебедев, М. Е. Семенов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2012. – № 1. – С. 102-106.

2. Матвеев, М. Г. Оптимальная производственная стратегия в условиях нечетких параметров функции спроса / М. Г. Матвеев, Г. Н. Лебедев, М. Е. Семенов // Современная экономика: Проблемы и решения. – 2012. – №6 (30). –С. 214-219.

3. Кречмер, Р. Разработка приложений SAP R/3 на языке ABAP/4 / Р. Кречмер. – СПб.: Питер. 2008. – 334 с.

4. Точенюк, О. Н. Рекомендации по оптимизации программ на языке ABAP / О. Н. Точенюк. – М. : МИР. 2013. – 150 с.

Моделирование работы измерителя высоты нижней границы облачности

В. В. Попов, email: copybook05@yandex.ru [1]
А. А. Уткин [2]
В. А. Повхлеб [1]
Я. В. Шугайлов [1]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] ООО«ЛОМО МЕТЕО»

Аннотация. *В статье рассматривается процесс моделирования работы измерителя высоты нижней границы облачности в сложных атмосферных условиях. Предложены усовершенствованые алгоритмы фильтрации составляющих анализируемых сигналов обратного рассеяния.*

Ключевые слова: *Сигнал обратного рассеивания, детектирование слабых сигналов, облачные слои, атмосферные осадки.*

Введение

Среди измерителей высоты нижней границы облачности (ВНГО) интерес представляют лазерные измерители, не имеющие в настоящее время достойных альтернатив. Лазерные измерители обладают отличной чувствительностью и, как следствие, хорошими метрологическими характеристиками, имеют небольшую массу и габариты в сравнении с светолокационными (ламповыми) измерителями ВНГО, так как выполнены в одном корпусе, и не требовательны к обслуживанию [1].

Опыт эксплуатации измерителей показал, что они обеспечивают достоверные измерения ВНГО, однако были выявлены следующие основные недостатки:

– ограниченный ресурс лазерного модуля;
– ограниченный ресурс модуля обдува защитного стекла;
– встроенные модули защиты питания и линии связи.
– Улучшение метрологических характеристик предполагается достигнуть путем:
– модернизации лазерного модуля, в том числе за счет переработки схемы питания и изменения алгоритмов формирования импульсов тока, внедрения системы термостабилизации;

© Попов В. В, Повхлеб В. А., Шугайлов Я. В., Уткин А. А., 2021

– переработки усилительного тракта и применения лавинного фотоприемника.

При решении этих задач так же предполагается принять ряд мер для устранения или уменьшения влияния факторов, оказывающих негативное влияние на ресурс лазерного модуля, с целью увеличения его срока службы [2].

1. Структурная схема измерителя

Разрабатываемый в рамках модернизации аэродромного метеорологического радиотелеметрического информационно-измерительного комплекса измеритель относится к измерителям лазерного типа. Принцип работы измерителя заключается в посылке в направлении цели (облака) серии импульсов и измерении на временном интервале интенсивности отраженного сигнала [3-4]. Полученный таким образом профиль обратного рассеивания анализируется микроконтроллером для получения информации об облачной обстановке и погодных явлениях, снижающих вертикальную видимость (туман, дымка, осадки), и количественного выражения ВНГО.

Структурная схема измерителя представлена на рисунке 1.

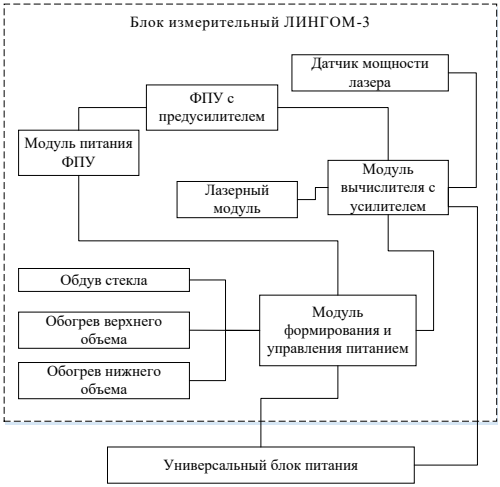


Рис. 1. Структурная схема

Конструктивно оптическая схема представляет собой независимые приемный и передающий каналы, оптические оси которых совмещены.

Преимуществами выбранной оптической схемы являются:

1. независимость приемного и передающего каналов, позволяющая осуществлять измерения непосредственно от защитного стекла прибора, в то время как аналогичные датчики с совмещенным приемо-передающим каналом либо имеют слепую зону в диапазоне от 0 до 15 м, либо имеют сложную и дорогостоящую схему высокоскоростной автоматической регулировки усиления (АРУ), позволяющей изменять коэффициент усиления во время регистрации сигнала обратного рассеивания;

2. наличие оптической компенсации избыточного рассеянного излучения в ближней зоне, которая позволяет упростить усилительный тракт и минимизировать вносимые им искажения.

Пример работы оптической компенсации показан на рисунке 2, где сплошной линией показан профиль обратного рассеивания экспериментального измерителя, а пунктирной линией показана теоретическая форма сигнала, полученного без оптической компенсации. Примечательно, что для получения схожего эффекта оптической компенсации измерители светолокационного (лампового) типа имеют разнесенные на значительное удаление приемный и передающий блоки.

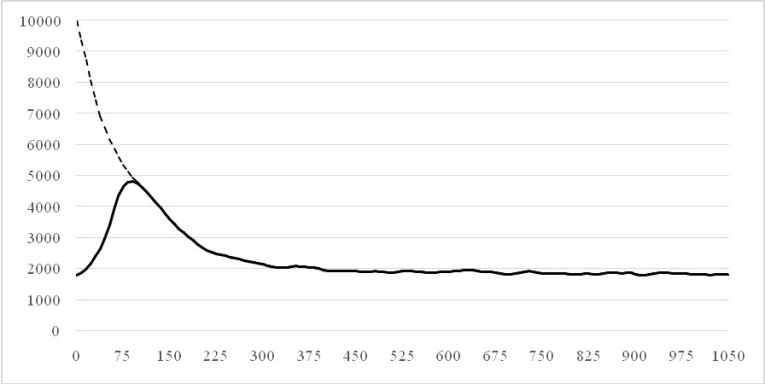


Рис. 2. Пример работы оптической компенсации избыточного рассеянного излучения в ближней зоне

2. Реализация усовершенствованных алгоритмов обработки сигнала обратного рассеивания

На этапе разработки технического проекта было проведено моделирование работы изделия в различных условиях состояния атмосферы и погодных явлениях, снижающих вертикальную видимость. Отрабатывались различные алгоритмы работы микропроцессора

изделия и в дальнейшем отбирался наиболее эффективный из них. На рисунке 2 показан пример работы наиболее эффективной оптической компенсации избыточного рассеянного излучения в ближней зоне.

Ранее в изделиях применялся кремниевый фотодиод, который из-за худшей чувствительности (в сравнении с лавинным ФПУ) требует от лазерных излучателей постоянной работы на пределе расчетных характеристик, что сокращает ресурс лазерного модуля.

Кроме того, быстродействие фотоприемного устройства (ФПУ) на основе кремниевого фотодиода не позволяет разрешать ряд неопределенностей при анализе сигнала в сложных метеоусловиях. В частности, использование коэффициента асимметрии при детектировании нижнего слоя облачности на высотах от 30 до 120 м в условиях выпадения осадков из более высокого слоя облачности, требует корректировки на искажение симметрии сигнала, вносимое ФПУ.

Полупроводниковый лавинный фотоприемник имеет на порядок большую чувствительность и большее быстродействие, что позволит:

1. вывести лазерный модуль из предельного режима работы;
2. выполнить требование ТТЗ в части диапазона и погрешности измерений;
3. повысить качество измерений в сложных метеоусловиях.

Применение лавинного ФПУтребует реализации сложной схемы формирования стабилизированного высоковольтного питания с температурной компенсацией, однако эффект от перехода на лавинное ФПУ полностью оправдает затраты на разработку.

В ходе моделирования были получены данные, наглядно демонстрирующие преимущество лавинного ФПУ (рис. 3).

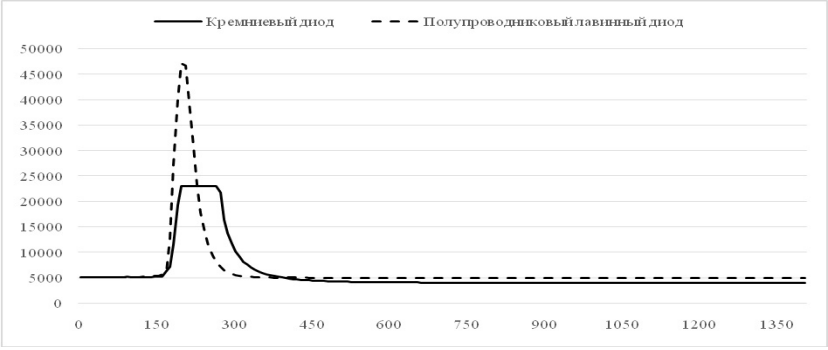


Рис. 3. Профиль сигнала обратного рассеивания

Модернизация модуля вычислителя, применение более чувствительного и быстрого лавинного ФПУ в комплексе с усовершенствованными программными алгоритмами обработки сигнала обратного рассеивания позволят повысить качество измерений, в том числе достоверно различать ВНГО в случае, когда из низких облаков идут сильные осадки в виде снега. В ходе моделирования определен алгоритм, позволяющий определить момент перепада плотности на сигнале. На рис. 4 представлены сигналы «без осадков» и «с осадками», которые сняты с интервалом в 10 мин при ВНГО от 60 до 65 м.

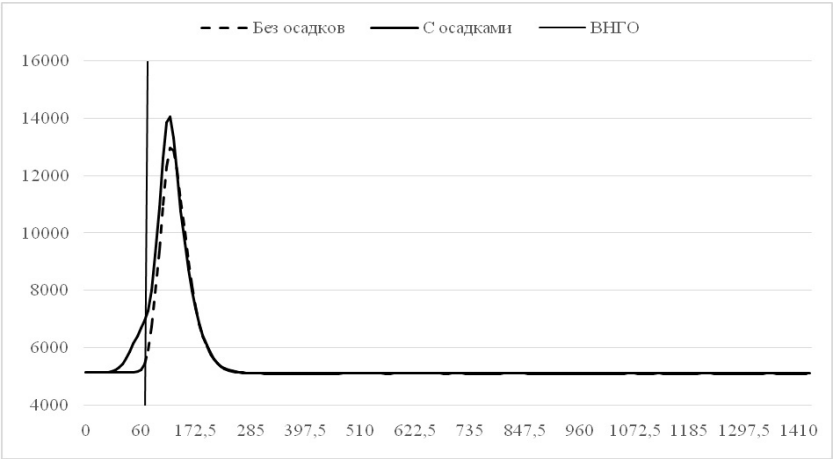


Рис. 4. Пример работы алгоритма при определении ВНГО в снегопад

Новые алгоритмы работы измерителя позволят детектировать и обрабатывать процесс облакообразования, когда сигнал обратного рассеивания показывает наличие частиц, снижающих вертикальную видимость, однако дальность распространения лазерного луча свидетельствует о том, что формируемые в данный момент слои не создают угрозу безопасности полетов (на небе различимы звезды). В случае, представленном на рисунке 5 алгоритм выдаст дальность до слоя облачности на высоте 1660 м. При этом, понятие вертикальной видимости для изделия не используется, однако выдаваемое значение ВНГО всегда меньше значения вертикальной видимости и основывается на перепаде плотности в атмосфере, а не на затухании рассеянного сигнала.



Рис. 5. Пример работы алгоритма определения ВНГО при наличии частиц, несущественно снижающих вертикальную видимость (ВВ)

Важной особенностью алгоритма является возможность выделять до двенадцати облачных слоев, рассчитывая параметры каждого слоя для решения сложных задач определения ВНГО в условиях неустойчивых (быстро изменяющихся) атмосферных образований, как показано на рис. 6.

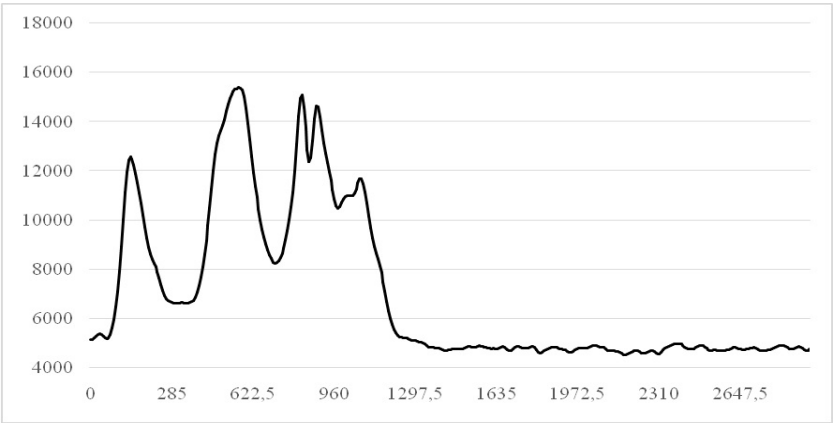


Рис. 6. Пример сигнала обратного рассеивания, полученный в условиях сложного атмосферного образования

Алгоритм позволяет детектировать слабые сигналы обратного рассеивания (незначительно превышающие уровень) с целью обнаружения и определения дальности до облачного слоя, сигнал от которого значительно ослаблен атмосферными осадками. На рис. 7 представлен сигнал от успешно детектированного облака на высоте 1880 м в условиях интенсивных осадков в виде снега.

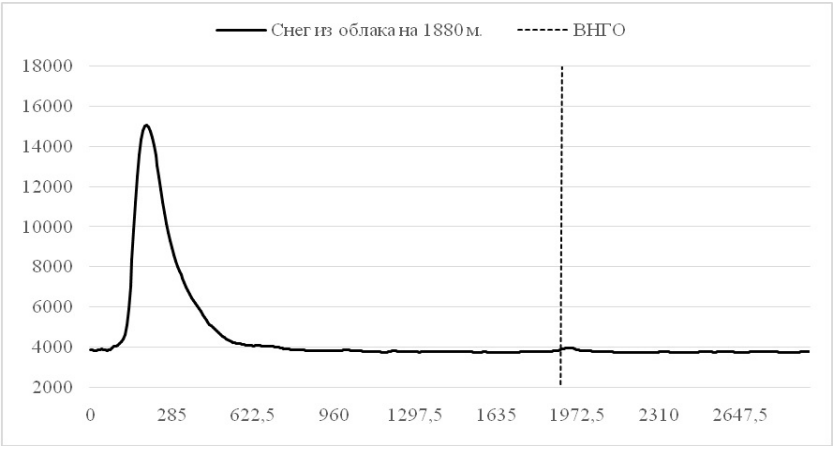


Рис. 7. Пример детектирования облака на высоте 1880 м в условиях осадков в виде снега

Заключение

Этап модельных исследований измерителя ВНГО показал, что в первую очередь для удовлетворения требований тактико-технического задания стоят задачи по улучшению метрологических и эксплуатационных характеристик, увеличению надежности и технологичности производства с учетом существующей политико-экономической ситуации, и задач снижения зависимости от компонентов импортного производства.

Важной задачей является усовершенствование алгоритмов фильтрации составляющих анализируемых сигналов обратного рассеяния.

Решение данной задачи в ходе модельных экспериментов с усовершенствованными программными алгоритмами обработки сигнала обратного рассеивания позволило:

– повысить качество измерений, в том числе достоверно различать ВНГО в случае, когда из низких облаков идут сильные осадки в виде снега;

– детектировать и обрабатывать процесс облакообразования, когда сигнал обратного рассеивания показывает наличие частиц, снижающих вертикальную видимость, однако дальность распространения лазерного луча свидетельствует о том, что формируемые в данный момент слои не создают угрозу безопасности полетов;

– выделять до двенадцати облачных слоев, рассчитывая параметры каждого слоя для решения сложных задач определения ВНГО;

– детектировать слабые сигналы обратного рассеивания (незначительно превышающий уровень) с целью обнаружения и определения дальности до облачного слоя, сигнал от которого значительно ослаблен атмосферными осадками.

Список литературы

1. Аэродромный метеорологический радиотелеметрический информационно-измерительный комплекс (АМРИИК): Руководство по эксплуатации ИКШЮ (ИКШЮ. 416318.001 РЭ). – СПб.: ЛОМО-МЕТЕО, –2016. –56 с.

2. Руководящий документ. РД 52.18.761-2012 Средства измерений гидрометеорологического назначения сетевые. Общие технические требования. – Обнинск. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». –2012. –137 с.

3. Комиссия по приборам и методам наблюдений. Шестнадцатая сессия. Санкт-Петербург. 10-16 июля 2014 г. Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями, ВМО-№ 1138. – 97 с.

4. Руководство по системам метеорологических наблюдений и распространения информации для метеорологического обслуживания авиации. ВМО-№ 731, Издание 2014 г. –56 с.

Критерии синтеза антенных решеток мобильных радиоэлектронных комплексов

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru
А. В. Евсеев, email: superfisherman1@mail.ru
О. Э. Разинькова, email: razinkova-olga@rambler.ru
Ю. В. Сторожук, email: tipylia@rambler.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. *Выполнен обзор критериев синтеза антенных решеток для мобильных радиоэлектронных комплексов. Исследованы закономерности изменения коэффициентов направленного действия решеток при создании диаграмм направленности требуемой формы. Показано, что наименьшие потери направленных свойств характерны для решеток, синтез которых выполняется при контроле локальных экстремумов диаграмм направленности для отдельных угловых положений без минимизации среднеквадратического отклонения от заданного вида в секторах боковых лепестков.*

Ключевые слова: *критерий синтеза антенной решетки, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия.*

Введение

Ключевые вопросы разработки мобильных радиоэлектронных комплексов связаны с поиском технических решений по построению их антенных систем [1]. Бортовые антенны должны обладать малыми массогабаритными характеристиками и формами конструкции, не приводящими к значительному изменению внешнего облика и ухудшению маневренных свойств носителей. Их коэффициенты направленного действия (КНД) должны обеспечивать требуемые энергетические потенциалы радиоканалов, а диаграммы направленности (ДН) – заданные показатели пространственной избирательности передачи-приема сигналов, помехозащищенности и электромагнитной совместимости приемно-передающих устройств, функционирующих в общих диапазонах частот.

Согласно [1, 2], в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют антенные решетки (АР), выполненные из планарных или низкопрофильных элементов. Массогабаритные показатели достигаются

© Разиньков С. Н., Евсеев А. В., Разинькова О. Э., Сторожук Ю. В., 2021

за счет формы конструкции, встраиваемой в корпус носителя; высокие КНД достигаются за счет синфазного сложения в пространстве сигналов отдельных антенных элементов; амплитудно-фазовая фазовая корректировка распределения токов решеток позволяет формировать ДН с секторными провалами в установленных направлениях без применения вспомогательных компенсационных устройств [2, 3].

1. Определение характеристик и критерии синтеза антенных решеток

При синтезе АР мобильных радиоэлектронных комплексов применяются следующие критерии [4]:

а) с минимизацией среднеквадратического отклонения ДН;

б) с минимизацией среднеквадратического отклонения квадрата ДН от требуемой формы;

в) с минимизацией различий формируемой и требуемой ДН на множестве фиксированных направлений.

При использовании первого из указанных критериев достигается достаточно точное восстановление искомой ДН антенны, и ввиду того, что главный луч имеет требуемую форму, минимизируются потери КНД. Однако КНД антенной системы убывает пропорционально ширине ее ДН во второй степени [4].

Для второго критерия имеет место линейная зависимость падения КНД по мере расширения главного луча ДН антенной системы. Различие закономерностей изменения КНД при минимизации среднеквадратического отклонения ДН и ее квадрата от требуемой формы объясняется тем, что во первом случае фигурирует требование приближения ДН к заданному виду по амплитудно-фазовому распределению токов элементов, а применение второго критерия накладывает ограничения только на абсолютные значения токов антенных элементов [2].

Общий недостаток этих подходов заключается в том, что нахождение вектора токов АР сводится к решению математически некорректных задач [5] методами нелинейного программирования с применением неформализованных процедур регуляризации [6].

Третий критерий основан на решении системы линейных уравнений относительно токов с частичным обращением матрицы, элементами которой являются парциальные ДН антенных элементов в заданных направлениях. Как показано в [7], распределение токов, удовлетворяющее этом критерию, обеспечивает минимум среднеквадратического отклонения ДН решетки в области главного луча от формы, удовлетворяющей первому и второму критериям. В результате последовательной коррекции распределения токов путем

последовательного создания нулей ДН в направлениях локальных экстремумов формируются ее секторные провалы, позволяющие снизить средний уровень боковых лепестков, как и при использовании первого критерия синтеза.

Заключение

Таким образом, проведен обзор критериев синтеза АР для мобильных радиоэлектронных комплексов. Исследованы закономерности изменения КНД решеток при формировании требуемых ДН. Показано, что наиболее предпочтительным для получения заданной формы ДН при минимизации потерь КНД АР является критерий, базирующийся на контроле соответствия формируемой и требуемой ДН на множестве фиксированных направлений.

Список литературы

1. Математическое моделирование, оптимизация и автоматизированное проектирование дифракционных и вибраторных мобильных антенных решеток / Под общ. ред. В. И. Юдина. – Воронеж : ВГТУ, 1999. – 257 с.

2. 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.

3. Обуховец, В. А. Микрополосковые отражательные антенные решетки. Методы проектирования и численное моделирование / В. А. Обуховец, А. О. Касьянов; под общ. ред. В. А. Обуховца. – М.: Радиотехника, 2006. – 240с.

4. Кашин, В. А. Методы фазового синтеза антенных решеток / В. А. Кашин // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 1. – С. 47-60.

5. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1986. – 288с.

6. Неганов, В. А. Физическая регуляризация некорректных задач электродинамики: линии передачи, антенны, дифракция электромагнитных волн / В. А. Неганов. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2008. – 432 с.

7. Разиньков, С. Н. Синтез нулей диаграмм направленности резонансных и диапазонных антенных решеток с максимальными коэффициентами направленного действия / С. Н. Разиньков, А. В. Богословский, М. Ю. Лукин // Радиотехника. –2017. – № 12. – С. 44-51.

Особенности динамики модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля с гистерезисным блоком

О. О. Решетова, email:tribunskih1993@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе исследуется модифицированное уравнение Ван-дер-Поля с гистерезисной нелинейностью, формализованной посредством оператора Прейзаха. Проведен сравнительный анализ динамики рассматриваемой системы с результатами моделирования классического осциллятора Ван-дер-Поля. Установлен ряд закономерностей, показывающий, что включение гистерезисного блока в левую часть уравнения Ван-дер-Поля позволяет описать значительное число динамических режимов, чем классический осциллятор Ван-дер-Поля.*

Ключевые слова: *осциллятор Ван-дер-Поля, автоколебания, оператор Прейзаха.*

Введение

Осциллятор Ван-дер-Поля является позволяет описать множество автоколебательных систем различной физической природы. Также на данный момент хорошо изучены некоторые модификации осциллятора, посредством которых описана динамика более сложных физических процессов, к примеру, модель Ван-дер-Поля–Дуффинга [1], в уравнении которой представлен дополнительный член с кубической нелинейностью, отвечающий за новый эффект в автономной системе – неизохронность колебаний, т.е. зависимость их периода от амплитуды. А также модель Бонхоффера–Ван-дер-Поля [2], которая легко реализуема в виде электронной схемы и в вариантах комбинированных схем, демонстрирующих сложную динамику, может служить основой для построения генераторов сигналов с широкими функциональными возможностями.

Отметим, что в нелинейных динамических систем особую роль играют явления гистерезисной природы, которые проявляются как на уровне отдельных блоков, так и на уровне управляющих воздействий. Изучению динамики систем с гистерезисом посвящено значительное количество работ. В следующих публикациях были рассмотрены нелинейные динамические системы, а также их отклик на гистерезисное воздействие [3-7]. Также при моделировании технических систем,

© Решетова О. О., 2021

гистерезис проявляется в связи между динамическими характеристиками [8-10]. Ранее в работах [11-12] было рассмотрена динамика гистерезисно-связанных осцилляторов Ван-дер-Поля, один из которых, находился под воздействием вынуждающей силы и гистерезисного воздействия, описанного феноменологической моделью Боука-Вена. Была установлена регуляризирующая роль гистерезисного звена в части редукции хаотических режимов.

В настоящей работе проводится сравнительный анализ модифицированного уравнение Ван-дер-Поля, в котором квадратичное слагаемое заменено гистерезисным блоком, формализованным посредством модели Прейзаха и классического осциллятора Ван-дер-Поля.

1. Сравнительный анализ динамики классического и модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля

Представим сравнительный анализ поведения классического осциллятора Ван-дер-Поля и модифицированного уравнения Ван-дер-Поля с гистерезисным блоком. Запишем уравнение, которое является аналогом уравнения Ван-дер-Поля с гистерезисным блоком, включенным в левую часть

$$\ddot{x} - (\lambda - y^2(t))\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \qquad (1)$$

где $y(t)$ – это выход преобразователя Прейзаха, определенный соотношением

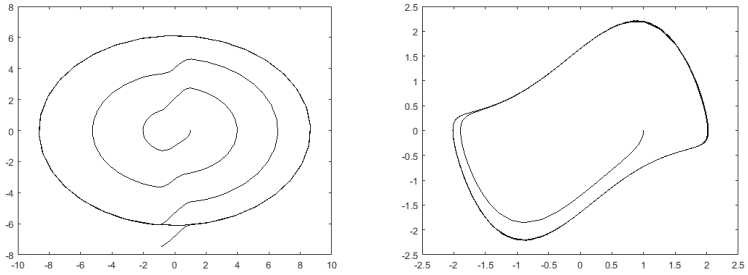
$$y(t) = y\left[t_0, \eta_0\right](t) = \int_\Omega R^\omega \left[t_0, \eta_0(\omega)\right] x(t) d\mu, t \geq t_0 \,. \qquad (2)$$

Классическое уравнение Ван-дер-Поля без учета внешнего воздействия запишем в следующем виде:

$$\ddot{x} - (\lambda - x^2)\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \,. \qquad (3)$$

Приведем результаты численного моделирования решения уравнения (1) и (3) в зависимости от различных параметров λ и ω_0^2. В отличие от поведения классического осциллятора Ван-дер-Поля, для которого характерно только периодическое движение с различной частотой и амплитудой, осциллятор, движение которого подчинено уравнению (1) демонстрирует несколько режимов поведения, в том числе, и резонансное движение. В случае если параметр $\lambda \geq 0.5$, а значения параметра $\omega_0^2 > 0.4$, то в осцилляторе (1), можно наблюдать колебания, близкие к гармоническим. При некоторых значениях параметров, эти колебания происходят с частотой, близкой к частоте колебаний классического осциллятора Ван-дер-Поля. Однако в иных

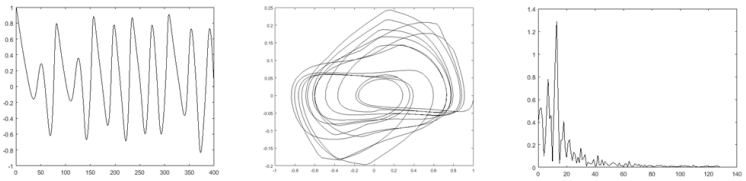
случаях (рис. 1), возможно появления более сложных режимов движения, с несколькими частотами. Отметим, что в случае, когда пороговые значения гистерезисного блока принадлежат интервалу от $[-1,1]$, при значениях параметра $\lambda > 1$, то в системе (1) возникает резонанс. Для случаев, когда параметры принадлежат интервалам $\lambda < 0.5$ и $\omega_0^2 > 0.4$, в уравнении (1) наблюдаются колебания близкие как по частоте, так и амплитуде к колебаниям классического осциллятора Ван-дер-Поля.



а б

а – для уравнения (1), б – для уравнения (3)

Рис. 1. Фазовые портреты при значениях параметров $\lambda = 1$ и $\omega_0^2 = 0.5$



а б в

а – решение уравнения (1), б – фазовый портрет уравнения (1), в – спектральная характеристика уравнения (1)

Рис. 2. Динамика модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля при значениях параметров $\lambda = 0.2$ и $\omega_0^2 = 0.04$

Как было отмечено выше, динамика модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля обладает рядом особенностей, отличающих его от классического. На рис.2 приведено решение, фазовый портрет и спектральная характеристика осциллятора (1) при значениях параметров $\lambda = 0.2$ и $\omega_0^2 = 0.04$. При $\omega_0^2 \le 0.04$ в поведении осциллятора (1) возникают следующие закономерности: при очень небольших значениях $\lambda \le 0.15$ с увеличением времени система стабилизируется в нуле, а в случае, когда $\lambda \in (0.15, 0.5)$ уравнению (1) соответствует сложная, не периодическая динамика осциллятора.

2. Численное исследование динамических режимов модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля с учетом внешнего периодического воздействия

Далее рассмотрим модифицированный осциллятор Ван-дер-Поля, описанный при помощи уравнения

$$\ddot{x} - (\lambda - y^2(t))\dot{x} + \omega_0^2 x = B^* \cos(\omega t), \qquad (4)$$

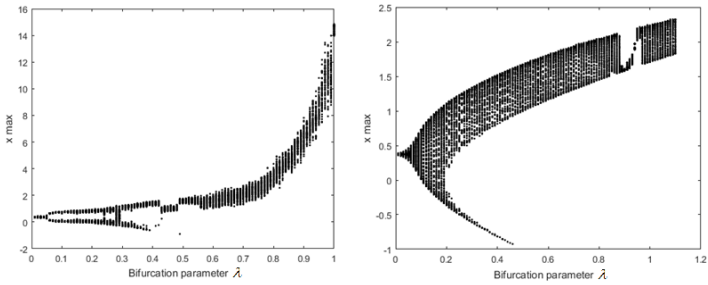
где, как и ранее, $y(t)-$ это выход преобразователя Прейзаха, определенный соотношением (2).

Для проведения сравнительного анализа запишем уравнение для классического осциллятора Ван-дер-Поля в виде:

$$\ddot{x} - (\lambda - x^2)\dot{x} + \omega_0^2 x = B^* \cos(\omega t). \qquad (5)$$

В отличие от уравнений (1) и (3), уравнения (4) и (5) зависят от большего числа параметров, однако только при варьировании параметров λ и B^* наблюдаются существенные различия в динамике осцилляторов.

Для начала рассмотрим режимы поведения уравнений (4) и (5) при изменении параметра λ (рис.3). Отметим, что, как и в случае, рассмотренном в разделе 1, если $\lambda > 1$, то в уравнении (4) возникает резонанс. Однако, в отличие от уравнения (1) при малых значениях λ стабилизации около нуля не происходит. При этом, как и для случая, рассмотренного ранее, при небольших значениях $\lambda \le 0.2$, амплитуда собственных колебаний осциллятора (4) близка к амплитуде колебаний классического осциллятора Ван-дер-Поля, находящегося под гармоническим воздействием.

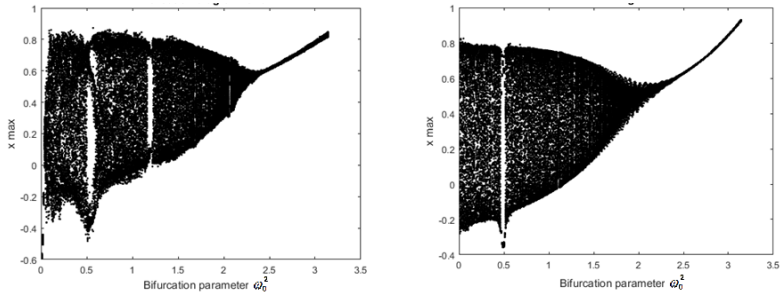


а б

а – для уравнения (4), б – для уравнения (5)

Рис. 3. Бифуркационные диаграммы в зависимости от параметра при значениях параметров $B^* = 1.2$, $\omega = 2.1$ и $\omega_0^2 = 1.2$

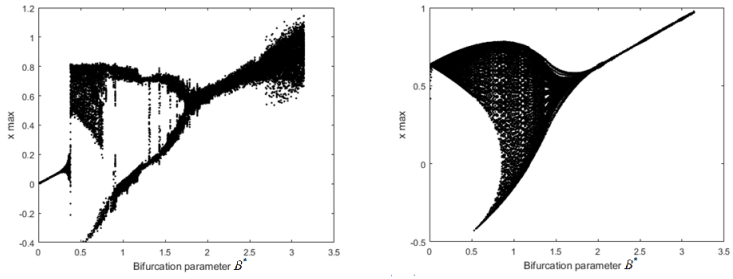
Бифуркационные диаграммы для уравнения (4) и (5) в зависимости от параметра ω_0^2, демонстрируют, что поведение осциллятора в случае наличия гистерезисного блока, формализованного оператором Прейзаха, будет «близко» к поведению классического осциллятора Ван-дер-Поля, как по частоте, так и по амплитуде. Отметим, что, как и для случая с отсутствием гармонического внешнего воздействия, увеличение параметра ω_0^2 позволяет регуляризировать поведение осцилляторов.



а б

а – для уравнения (4), б – для уравнения (5)

Рис. 4. Бифуркационные диаграммы в зависимости от параметра ω_0^2 при значениях параметров $\lambda = 0.1$, $\omega = 1.2$ и $B^* = 1.2$



а б

а – для уравнения (4), б – для уравнения (5)

Рис. 5. Бифуркационные диаграммы в зависимости от параметра B^* при значениях параметров $\lambda = 0.1$, $\omega = 1.2$ и $\omega_0^2 = 1.2$

Бифуркационная диаграмма в зависимости от амплитуды внешнего воздействия B^* на осциллятор (4) и (5) представлена на рис. 5. Из приведенного графика, следует, что собственная амплитуда колебаний в уравнениях (4) и (5) будет близка, однако характер движения осцилляторов значительно отличается.

Заключение

В работе исследована модель модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля с гистерезисным блоком, формализованным при помощи оператора Прейзаха. При проведении сравнительного анализа модифицированного и классического осцилляторов Ван-дер-Поля в условиях отсутствия внешнего воздействия, было установлено, что наличие гистерезисного блока в левой части уравнения, приводит к возникновению хаотических колебаний в автономной системе второго порядка. Также было установлено, что в зависимости от управляющего параметра, возможно возникновение резонанса, а также при малых значениях происходит стабилизация колебаний около нуля.

Сравнение результатов моделирования для осцилляторов, находящихся под воздействием внешней силы, показало, что при определенных параметрах поведение модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля близко к классическому осциллятору, как по частоте, так и по амплитуде колебаний. Однако при варьировании параметров и в динамике осцилляторов наблюдаются существенные различия, связанные с резонансными свойствами модифицированного уравнения Ван-дер-Поля.

Список литературы

1. Kuznetsov, A. P. Coupled van der pol and van der pol–duffing oscillators: dynamics of phase and computer simulation / A.P. Kuznetsov, N.V. Stankevich, L.V. Turukina // Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. –2008. – V. 16(4). – P. 101-136.
2. Ланда, П.С. Нелинейные колебания и волны / П. С. Ланда. – Москва: Наука, 1997. – 495 с.
3. Неустойчивые колебательные системы с гистерезисом: задачи стабилизации и управления / А.Л. Медведский [и др.] // Изв. РАН. ТиСУ. – 2020. – №4. –С. 58–82.
4. Oscillations Under Hysteretic Conditions: From Simple Oscillator to Discrete Sine-Gordon Model / M.E. Semenov [and all] // in Topics in Nonlinear Mechanics and Physics, Singapore: Springer. – 2019. – V. 228. – P.229-253.
5. Efficiency of hysteretic damper in oscillating systems / M.E. Semenov [and all] // Mathematical Modelling of Natural Phenomena. – 2020. – V. 15. – P. 43.
6. Гистерезисные преобразователи со случайными параметрами/ С.В. Борзунов [и др.] // Математическое моделирование. – 2019. – №7. – С.109–126.
7. Oscillations under hysteretic conditions: from simple oscillator to discrete sine-gordon model / M.E. Semenov [and all] // Topics in Nonlinear Mechanics and Physics, Springer Proceedings in Physics. – 2019. – P. 229-253.
8. Динамика демпфирующего устройства на основе материала Ишлинского / М.Е. Семёнов [и др.] // Мехатроника, автоматизация, управление. –2019. – Т. 20. – № 2. – С. 106-113.
9. Coupled inverted pendulums: stabilization problem / M.E. Semenov [and all] // Archive of Applied Mechanics. –2018. –V. 4. – P. 517-524.
10. Carboni, B. Dynamical response identification of a class of nonlinear hysteretic systems / B. Carboni, W. Lacarbonara, P. Brewick, S. Masri // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. – 2018. – V. 29. – P. 2795-2810.
11. The van der Pol oscillator under hysteretic control: regular and chaotic dynamics / M.E. Semenov [and all] // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1368. – P. 042030 (8 pp.).
12. Семенов, М. Е. Неограниченные и диссипативные колебания в системах с релейными нелинейностями / М. Е. Семенов, П. А. Мелешенко, О. О. Решетова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Физика. Математика. – 2018 . – № 3. – С. 158-171.

Два метода восстановление промежуточных значений между характерными точками и их сравнение

В. С. Родионов, email: tuukvadim@live.com
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
М. В. Зеленова, email: businkakatilas@mail.ru
А. А. Рубан, email: andreygrigorev0@gmail.com
М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются два метода восстановления информации по характерным точкам. Особо рассматривается алгоритм, по которому происходит восстановление промежуточных значений, процесс обращения к реализованным методам и непосредственно скорость восстановления обоими методами. Необходимым условием алгоритма является значения начального и конечного значения амплитуды характерной точки и количества отсчётов между ними.*

Ключевые слова: *характерные точки, табличное восстановление, RDTSCP, амплитуды, математический сопроцессор, восстановление промежуточных значений, фрагмент волны, идеальный образ.*

Введение

Имея возможность фиксировать поведение волны, в том числе и звуковой, по определяемым **характерным точкам** [1] и зная временной промежуток между ними, требуется восстановить (вычислить) промежуточные значения между этими точками в соответствии с теоретической формулой некоторой непрерывной аналитической функции и соответствующим способом экстраполяции [2]. Восстановление на практике может отходить от строгих канонов теории, исходя из имеющихся дополнительных условий и менее строгих требований точности, не влияющих на качество воспроизведения. Именно этому вопросу и посвящено дальнейшее рассуждение.

В настоящее время для практического применения волны оцифровываются путем фиксации значения амплитуд через равные временные промежутки, называемые отсчетами. Время соответствует количеству отсчетов между характерными точками при условии

© Родионов В.С., Балакирев Н.Е., Зеленова М.В., Рубан А.А., Фадеев М.М., 2021

фиксации значения дельты между отсчетами. Известно, что для звуковой волны оцифровываемые значения амплитуд представляются в ограниченных пределах (2^8 = 256 – трехзначное число, 2^{16} = 65536 пятизначное число, 2^{24} = 16777216 восьмизначное число). При сравнительно малом значении количества отсчетов (по отношению к значениям амплитуд) между характерными точками диапазон в интервале от 0 до 90^0 разбивается на сравнительно большие угловые участки, что позволяет получить различные значения амплитуд при понижении требований высокой точности. Теоретически промежуточное значение амплитуды вычисляется как произведение экстремального значения в точке, где угол 90^0, на значение SIN угла, соответствующее отсчету. С учетом вышесказанного требования точности получения значений могут быть в определенной степени снижены, при условии отсутствия совпадения значений амплитуд при разных значениях углов (соответствуют отчетам) в рассматриваемых пределах.

Если внимательно посмотреть на таблицу 1 вычисления SIN в пределах 90 градусов, то мы видим, что при вычислении относительно экстремального значения на рассматриваемом промежутке восстанавливаемых значений амплитуд для их различения требуется:

$0^0 - 62^0$ – двухзначное число

$63^0 - 87^0$ – трехзначное число

$88^0 - 90^0$ – четырехзначное число

Такая точность позволяет иметь интервал до 90 отсчетов между характерными точками.

Возможное превышение этой величины для «разметки» до 90^0, но с точностью до 60`(минут) требуется уже 5-6 знаков, и то только для диапазона 88^0 – 90^0. В этом случае такой диапазон значений угла (соответствующее определенному отсчету) при умножении на максимальное значение экстремума позволяет иметь до 5400 отсчетов между характерными точками. На практике количество отсчетов между двумя характерными точками с очень большой вероятностью (для записи звука это по факту правило) не может превышать 90 отсчетов, поэтому для большинства участков восстановления достаточно точности до 4 знаков.

Такое снижение требований, практически не влияющее на качество воспроизведения восстановленного сигнала, позволяет перейти на табличный (индексный) способ вычисления SIN, что обеспечивает

увеличение скорости получения результата. Это особенно актуально для больших объемов данных, обрабатываемых (например, для звука) в единицу времени до десятков и даже сотен тысяч параметров. Получаемый эффект при использовании такого способа вычисления по отношению к стандартному рассматривается далее. Будет сравнивать восстановление в стандартном варианте с вариантом, упрощенным – табличным. Для этого потребуется внести коды предлагаемых алгоритмов в программу-измеритель, которая будет фиксировать время, потраченное на восстановление заданного объема данных по тестовым значениям амплитуд характерных точек и количеству отсчетов между ними.

Для вычисления промежуточных значений амплитуд между характерными точками, так или иначе, требуется получить значение SIN по значению номера отсчета, которое соответствует значению угла. Традиционно можно обратиться к вычислению по стандартной команде вычисления FSIN в сопроцессоре [3]. Но это вычисление с плавающей точкой (с плавающей запятой для русской литературы), и оно требует достаточно большого времени на вычисление по сравнению с операциями для целых чисел. Кроме этого, это значение затем надо преобразовать в целое, не говоря о том, что для подготовки обращения к сопроцессору и извлечения результата также требуется несколько подготовительных команд. И, самое главное, точность даже в 32 разрядной сетке представления числа является излишней. Требуемая величина восстанавливаемых амплитуд не выходит за пределы 16 разрядного представления.

Тогда возникает альтернативное предложение, а почему бы не использовать уже вычисленные значения синусов по таблице [4], которую в школах и ВУЗах интенсивно использовали в прошлом веке. При наличии большого объема оперативной памяти использование таблицы значений для 90^0 потребует 180 байт, и даже с более «мелкой» градацией до 60 минут между градусами потребует для записи 90*60 = 5400 чисел, в которых значение синуса определяется четырехзначным числом, т.е. числа 0-10000 (2710h) включительно. Для этого достаточно 2-х байт, тогда для всей таблицы необходимо всего-то 10800 (4E20h) байт памяти. При наличии практически гигабайтной (1 Гб) оперативной памяти такие издержки в пределах килобайт ничтожно малы.

Вычисления амплитуд по таблице Брадиса [4] охватывают диапазон $0\text{-}90^0$, что составляет четверть волны. Оставшиеся три четверти волны вычисляются по той же таблице, но с изменением знака и (или)

последовательности получения результата от $[-90^0 - 0^0]$ $[0^0 - 90^0]$ $[90^0 - 0^0]$ $[0^0 - -90^0]$.

Далее нас будет интересовать охват и определение значения амплитуды максимальных и минимальных частот (или максимальной длины волны).

Для **максимальных частот** и минимальной длины волны (от $2 \div 10$ отсчетов) 90^0-ый фрагмент будет делиться на градусные участки длиной в десятки градусов. В этом случае для трехзначного числа достаточно для получения отличающихся значений SIN.

Рассмотрим минимальную частоту. С учетом восприятия слухом до 20 Гц (1/20 сек) для малых частот у нас есть дополнительная возможность фиксировать еще меньшие частоты близкие к 1 Гц (например, при значении 22050 отсчетов – один из используемых вариантов фиксации амплитуды для 1 секунды записи звука). Таким образом, для наименьшей частоты, но в то же время для максимально «большой» длины волны (5400 + 5400 + 5400 + 5400 = 21600) в 21600 отсчетов (это меньшее число отчетов относительно 1 Гц колебания, т.к. 21600 < 22050) нужно охватить, соответственно для 1/4 отсчетов рассматриваемой длины волны, (т.к. работаем по фрагментам 90^0) 5400 разных значений Sin угла в целых числах из таблицы Брадиса. Это случай максимально требуемой точности от этих таблиц, именно в этом случае потребуется максимальная точность извлекаемых значений из таблицы Брадиса. так как меньшая длина волны, включает меньшее число отсчетов и тогда потребуется меньшее число обращений в таблицу.

При 44100 отсчетах на 1 секунду (другой вариант квантования), это составляет охват 1/2 секунды. Таким образом, для предела 20 Гц (это 20 колебаний в секунду) такого уровня точности вполне достаточно как для 44,1 кГц, так и для 22,05 кГц. Возможно, потребуется точность представления значений, увеличенных в 10 раз. Тогда охват 1/4 секунды составит 54000 отсчетов (D2F0h), что увеличивает требуемую память под таблицу в 10 раз большую, но и это представление не выходит за пределы 2-х байтового представления значения SIN.

Стоит заметить, что для байтовой предельной размерности амплитуды это однозначно излишне по следующей причине: если 5400=4E20h/128 (для 128 значений амплитуд для 90^0) что составляет 42,18 минуты или округленно 10 из указанной таблицы будут требоваться значения из 128 строк таблицы. Если рассматривать для 2-х отсчетов такое представление, на четверть волны ($0^0 - 45^0 - 90^0$) для

максимального значения амплитуды, равного 128, разбивает эти значения на три варианта 0–71–128 ($\Delta = 71, \Delta = 57$; средняя $\Delta = 64$).

При представлении амплитуды в пределах 2-х байт или 1 слова имеем диапазон представлений 0 – 65536. 1/4 = 16384. Тогда (16384 макс. кол-ва отсчетов на 90^0) / (5400 значений SIN) немного больше 3. различных значений амплитуд на 1 минуты (1 отсчет) точности квантования. Начиная с 1/3 Гц, мы будем иметь достаточно точные значения.

Идеальное соотношение было бы не более 5400 отсчетов на 5400 значений SIN для вычисления амплитуды.

Таким образом, всё эти рассуждения будем иметь в виду при восстановлении амплитуд по характерным точкам. Далее рассмотрим задачу и алгоритм её решения через таблицу на основе таблицы Брадиса [3] для вычисления SIN.

1. Практическая постановка задачи

Имеется первое значение экстремума (максимума или минимума S_A) и второе значение экстремума (минимума или максимума S_B). И это соответствует одной второй фрагмента или цикла волны. Известно количество отсчетов N между ними. Требуется восстановить промежуточные значения амплитуд.

Здесь и далее используется **фрагмент волны**, так при оцифровке мы фиксируем лишь отдельные значения амплитуд для суперпозиции (множества) волн, что далеко не соответствует «красивой» кривой функции SIN. Поэтому восстанавливая, мы сводим наше восстановление к идеальной «тени» в виде функции SIN для реальной функции поведения волнового процесса. При этом восстанавливается 1/2 волны. Вторая восстанавливаемая половинка, которая должна быть симметрична первой половинке, относится к значению SIN уже с другими знаком. Таким образом, мы будем получать аппроксимацию некоторой синусоиды, которая близка по своему поведению полуциклу реальной волны. Фактически, такой фрагмент, приближаемый традиционным значением SIN, это уже некоторый **идеальный образ** реальной полуволны, который в принципе может и другую «идеальную» функцию поведения для других процессов колебательного характера. И это в случае отсутствия понимания аналитического поведения функции рассматриваемого фрагмента, можно определить, скорей всего, экспериментально, уменьшая шаг квантования и подбирая **«идеальную» функцию** численными методами [2].

2. Алгоритм решения

Введем обозначения:

N – Количество отсчетов для 1/2 фрагмента волны.

$\Delta_S = S_A - S_B$ – дельта разброса 1/2 фрагмента соответствующего половине цикла волны.

$I = I_1 + I_2 = \Delta_S / 2$ – это дельта разброса на 1/4 фрагмента волны, где:

$I_1 = |\Delta_s / 2| \approx 1/4$ фрагмента волны, а $n_1 = |N/2|$

$I_2 = \Delta_s - I_1 \approx 1/4$ фрагмента волны, а $n_2 = N - n_1$

При I четном $I_1 = I_2$

$\Delta_{t1} = 5400/n_1$ и $\Delta_{t2} = 5400/n_2$ – значение шага в градусах и минутах для ¼ фрагмента волны с учетом количества отсчетов.

$\Delta_{s1} = I_1/n_1$ – среднее приращение амплитуды

$\Delta_{s2} = I_2/n_2$ – среднее приращение амплитуды

Тогда схематично для первой части 90^0 углового интервала, вычисление промежуточных значений будет выглядеть следующим образом и представлено в табл. 1.

Таблица 1

Вычисление промежуточных значений

Шаг итерации	Математическая формула	Табличная форма вычисления в целых числах
$\lambda_0 = 0$ $\lambda_1 = \lambda_1 - \Delta_t$	$S_0 = 0$ $S_1 = \lvert I_1 \cdot \sin\lambda_1 \rvert$	$S_0 = 0$ $S_1 = \left\lvert {(I1 \cdot Brad\lambda 1)}/{10000} \right\rvert$
…	…	…
$\lambda_{n-1} = \lambda_0 + \Delta_t$ $\lambda_n = 5400$	$S_{n-1} = \lvert I_1 \cdot \sin\lambda_{n-2} \rvert$ $S_n = I_1$, *т. к.* $\sin\lambda_n = 1$	$S_{n-1} = \left\lvert {(I_1 \cdot Brad\lambda_{n-2})}/{10000} \right\rvert$ $S_n = I_1$

Наглядное объяснение алгоритма представлено на рис. 1.

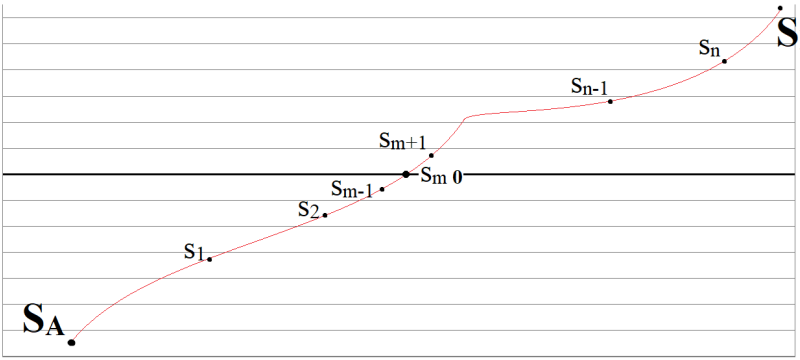


Рис. 1. Наглядное представление алгоритма

3. Процедура восстановления полуволны по характерным точкам

Для восстановления промежуточных значений амплитуд в виде целых чисел без знака была реализована процедура с именем **F@enik** для библиотеки **FEN.dll**, которая для получения максимальной эффективности была написана на языке Ассемблера и использовала табличный способ вычислений геометрических функций. Процедура **F@enik** восстанавливает значения амплитуд в виде целых чисел без знака для волн с длиной до 21600 отсчетов на один фрагмент волны. При этом восстановление производится фрагментами до полуволны. Для полуволны это значение 10800 отсчетов, если **больше** 10800, то производится выход без результата с сообщением об ошибочном параметре (N) на EAX = -1

Обращение производится к библиотеке **DFEN.dll** и представлен в листинге 1.

Листинг

Обращение к библиотеке DFEN.dll

```
F@enik [Sa], [Sb], [N], MFen – для языка C.
invoke       F@enik, [Sa], [Sb], [N], MFen – для Ассемблера
```

Параметры для обращения:

Sa – это 1-е целочисленное значение амплитуды без знака в точке локального экстремума или точки A.

Sb – это 2-е целочисленное значение амплитуды без знака точке локального экстремума или точки B.

N – количество отсчетов для полуволны между локальными экстремумами.

MFen – соответствует адресу массива в виде последовательности размерностью в слово (16 разрядов), куда следует положить значения амплитуд, кроме Sa, Sb.

Код ответа: EAX = -1 для превышения числа отсчетов более 10800. В остальных случаях любое другое значение.

Учитывается четность или нечетность количества отсчетов. Для четного числа отсчетов виртуальное нулевое значение (нулевое значение без учета сдвига относительно первого значения амплитуды) будет соответствовать средней точке. Для нечетного числа отсчетов виртуальное нулевое значение (нулевое значение без учета сдвига относительно первого значения амплитуды) будет соответствовать значению между двумя «центральными» точками. Восстановление производится на основе таблицы Брадиса [4].

Возможные случаи представлены на рис. 2.

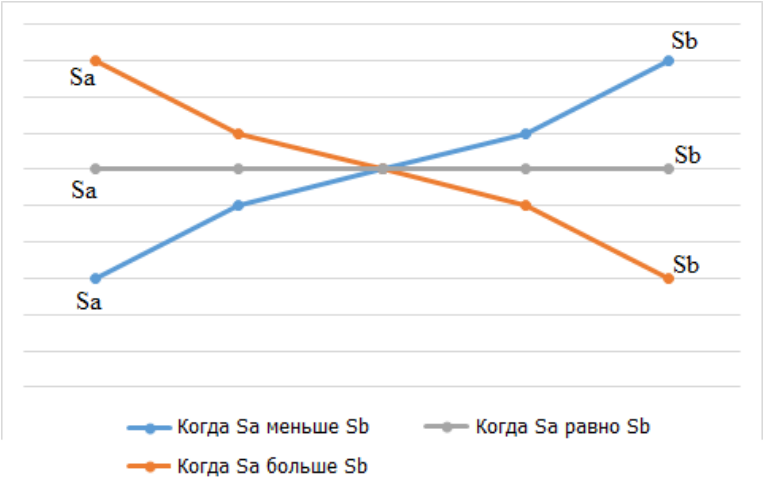


Рис. 2. Всевозможные случаи соотношения характерных точек

Аналогичная процедура F@sik [Sa], [Sb], [N], MFen для языка C была реализована по стандартной схеме обращения к сопроцессору, где обращение сводится к инициализации математического сопроцессора, вычисления с его помощью и преобразование числа с плавающей точкой в целое.

4. Сопоставление использования предложенных алгоритмов восстановления

При анализе способов измерения оказалось, что не всё так однозначно при использовании службы учета времени для замера времени работы двух предложенных вариантов было апробировано несколько временных измерителей и реализованных на различных архитектурах процессоров фирмы Intel. Так, изначально было предложено четыре варианта измерителей:

Библиотека Chrono (C++11) – высокоточный таймер, реализованный через обращение к часам реального времени (RTC). Для работы необходим предустановленный набор библиотек C++11 года.

Часы реального времени (RTC) – реализован на южном мосте современной вычислительной машины или как отдельный элемент. Имеет высокую погрешность ввиду генерации прерывании равной 1 секунде или в пределах погрешности самого генератора.

Таймер событий высокой точности (HPET) – так же реализован на чипсетах южного моста. Более точен, чем RTC, однако имеет высокую погрешность при поднятии частоты чипсета или шины PCIe.

Счётчик реального времени (TSC) – реализован на процессоре, вводит время с момента запуска компьютера. Счётчик увеличивается даже при глубоком сне вычислительной системы (ACPI C3). Выводит время в тактах независимо от астрономического времени.

После множества экспериментов показывающих большой разброс значения времени выполнения алгоритмов решено использовать счётчик реального времени (TSC) по причине его более высокой устойчивости значений при выполнении замеров. Для обращения к счётчику реального времени была использована инструкция RDTSCP (в системах до 2007 года – RDTSC).

Для тестирования обоих вариантов решено использовать современную операционную систему MS Windows 10 редакции 1709. Алгоритм выполнения сравнения выглядит следующим образом:

1. Отключение в тестируемой системе ненужных (лишних) процессов и служб.

2. Подготовительный запуск тестируемой программы для «прогрева» кэша процессора.

3. Через командную строку, с ожиданием завершения предыдущего экземпляра программы и максимальным приоритетом (приоритетом реального времени) запускает комплекс сравнения. Количество циклов восстановления и количество запусков устанавливается пользователем.

4. Полученные значения суммируются и делятся на количество запусков комплекса сравнения.

Стоит так же добавить, что для достижения максимально точных результатов рекомендуется проделать операции настройки в BIOS'е компьютера, однако не во всех тестируемых системах это возможно, а результаты будут иметь минимальную разброс значений при одних и тех же данных.

Тестирование проводилось для нескольких объемов входных данных 1000, 10000 и 100000 значений амплитуд. На вход обоим вариантам программ поступает соответствующее количество данных. После отработки программы программа-измеритель выводит значение, которое потребовалось для указанного количества данных.

Таким образом были получены результаты, приведённые в таблице 2. Ускорение по отношению к стандартному алгоритму вычисления SIN было троекратным, т. е. в таблице указан коэффициент ускорения для разных процессоров с архитектурой команд Intel. При тестировании были использованы процессоры как от самого младшего класса для встраиваемых систем, так и до процессоров серверного сегмента.

Таблица 2

Отношение стандартного алгоритма восстановления значения амплитуд по характерным точкам к табличному алгоритму

	1000 значений	10000 значений	100000 значений
Atom Z3736F	2	2,247	3,385
Pentium B960	3,589	3,291	3,379
Core i5 3210M	3,46	3,393	3,385
Xeon E5 2670v2	3,219	3,322	3,329

На основе изложенных данных можно сделать некоторые выводы, а именно:

1. Восстановление на основе таблицы имеет преимущество по скорости выполнения по сравнению с восстановлением стандартным средствам информационных волн.

2. Восстановление на основе таблицы может быть вариативным. То есть, возможно восстановление и получение информационных структур не только по таблице Брадиса, но и по той таблице, которая будет лучше восстанавливать информационные структуры для конкретной волновой структуры.

3. Реализованный способ замера продемонстрировал свою устойчивость результатов при различных запусках и может быть использован для измерения производительности других алгоритмов.

Список литературы

1. Мелентьев П. В. Приближенные вычисления / П. В. Меленьтев; М. : Госиздательство физматлитературы, 1962. – 388 с.

2. Балакирев, Н.Е. Качественная оценка и мера при распознавании информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев // Материалы XIX Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1435-1440.

3. Intel® 64 and IA-32 architectures software developer's manual combined volumes 2A, 2B, 2C, and 2D: Instruction set reference, A-Z [Электронный ресурс] : документация фирмы Intel. – Режим доступа : https://software.intel.com/content/dam/develop/external/us/en/documents-tps/325383-sdm-vol-2abcd.pdf

4. Брадис В. Четырёхзначные математические таблицы для средней школы / В. Брадис. – М.: Учпедгиз, 1953.

Модель сети декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru

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

Аннотация. *В статье, на основе разработанного алгоритма маршрутизации исследуется возможности повышения качества связи в автоматизированных сетях декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом.*

Ключевые слова: *декаметровая радиосвязь, маршрутизация, адаптация, автоматизированная сеть, параллельная ретрансляция.*

Введение

Декаметровая (ДКМ) радиосвязь находит широкое применение при управлении авиационными формированиями. Основным достоинством ДКМ радиосвязи является возможность организации связи с наземными и воздушными объектами на большие расстояния в различных условиях обстановки. Недостатки ее обусловлены особенностями распространения радиоволн в данном диапазоне, и связанными с ними замираниями сигнала и межсимвольной интерференцией. Также на качество связи в этом диапазоне оказывает влияние большой уровень станционных помех от работающих на близких частотах радиосредств. В связи с этим, представляет научный интерес повышение качества ДКМ радиосвязи [1].

В ряде работ [1-4] рассматриваются методы повышения качества радиосвязи на основе адаптивного управления структурным, алгоритмическим и параметрическим ресурсом в автоматизированных сетях ДКМ радиосвязи. При этом российские стандарты для создания ДКМ радиосетей, регламентирующие автоматическое установление и адаптивное ведение ДКМ радиосвязи отсутствуют. В тоже время за рубежом приняты и развиваются стандарты информационного обмена, такие как MIL-STD-188-141, HFDL, STANAG 4539, STANAG 5066 [5-8].

Указанные стандарты регламентируют процедуры автоматического составления каналов, применение сигнально-кодовых конструкций и их адаптацию к состоянию канала в ходе обмена данными, а также сетевые проблемы многопользовательского использования ДКМ радиоканалов. Реализация таких стандартов требует решения ряда задач [5-8]:

© Рябов А. В., 2021

– назначение набора частот и автоматическое составление канала связи с автоматическим выбором рабочей частоты;

– высокоскоростная передача с использованием адаптивных методов приема;

– помехоустойчивое кодирование с прямой коррекцией ошибок, а также коррекцией ошибок с автоматическим запросом повторения пакетов данных;

– скремблирование и перемежение данных для обеспечения имитозащиты и борьбы с пакетированием ошибок из-за замираний и импульсных помех;

– многопараметрическая адаптация по частоте, скорости передачи информации, мощности, виду модуляции, способу кодирования.

Перечисленные стандарты требуют постоянный автоматический мониторинг ионосферы, обеспечивающий оперативное определение оптимальной рабочей частоты и позволяют достичь надежности в канале не менее 0,90–0,95 со скоростями передачи данных от 75 бит/с до 9,6 Кбит/с [5].

Отечественной промышленностью при разработке средств ДКМ радиосвязи ведется работа по реализации указанных стандартов [5-8]. Однако протоколы этих стандартов регламентируют установку соединения по типу радионаправления или, как частный случай, сеть, построенную по топологии «звезда» с выделением главной станции, не рассматривая сеть ДКМ радиосвязи как единый, целостный элемент – кластер ДКМ радиосвязи, с широкими вариативными возможностями по установлению связи между его элементами.

Элементы кластера – средства ДКМ радиосвязи. Представляется логичным определить в кластер средства ДКМ радиосвязи по территориальному принципу и принципу подчиненности. Например, кластер ДКМ радиосвязи может быть сформирован на базе системы связи авиационного формирования с применением штатных средств ДКМ радиосвязи. В этом случае элементы кластера будут находиться на ограниченной территории, и подчинены одному начальнику.

Таким образом, актуальной задачей является объединение средств ДКМ радиосвязи в единый кластер, способный оперативно реагировать на различное изменение обстановки, внешние и внутренние дестабилизирующие факторы, что позволит значительно расширить возможности повышения качества связи в рамках структурной адаптации в автоматизированных радиосетях.

1. Разработка модели

Объединение средств ДКМ радиосвязи в автоматизированную радиосеть обеспечивает возможность применения следующих методов структурной адаптации:

– ретрансляция через составные радиолинии [1, 2];

– параллельная ретрансляция с синфазным сложением мощности сигналов в точке приема и синхронизацией времени излучения ретрансляторов по каналу обратной связи [9-10].

Способ параллельной ретрансляции основан на объединении в единую сеть автономных ДКМ радиостанций. При этом каждая радиостанция может работать в следующих режимах [9-10]:

– автономная работа в радиосети или радионаправлении, земной или ионосферной волной;

– последовательная ретрансляция (ретрансляция через составные радиолинии) земной или ионосферной волной;

– параллельная ретрансляция земной или ионосферной волной с синфазным сложением мощности передатчиков в точке приема.

Последовательная ретрансляция может рассматриваться как частный случай параллельной, когда количество доступных ретрансляторов снижается до одного.

При отсутствии внешних дестабилизирующих факторов, предполагается работа такой радиосети в автономном режиме, либо режиме последовательной ретрансляции сигналов через составные радиолинии. При этом в сети необходим постоянный мониторинг доступного структурного ресурса и оценка радиочастотной обстановки.

При обнаружении факта воздействия на сеть дестабилизирующих факторов, снижающих качество связи, при 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 [10].

Практическая реализация обозначенных способов требует разработки программно-аппаратного комплекса, позволяющего реализовать способы многоуровневой адаптации и вариативной маршрутизации. И, если по вопросам функционирования кластера на канальном и физическом уровне имеется опыт зарубежных специалистов [5-8], то протоколы сетевого уровня, применимые для ДКМ радиосвязи и способные успешно решать обозначенные задачи, на сегодняшний день отсутствуют.

При описании искомого протокола представляется целесообразным опереться на существующие технологии протоколов сетевого уровня [11]. Хотя существующие протоколы не подходят к использованию в обозначенном кластере ДКМ радиосвязи, составляющие их алгоритмы и механизмы, применяемые в существующих телекоммуникационных сетях, могут найти свое отражение в работе разрабатываемого протокола. Рассмотрим принцип функционирования такого протокола.

Перед началом работы кластера на всех станциях размещается информации о топологии кластера. Она представляет собой точный граф связей кластера, в котором вершинами являются станции ДКМ радиосвязи, а ребрами – радионаправления между ними. Для каждой станции определяются несколько взаимодействующих станций. В дальнейшем каждая станция обменивается с взаимодействующими станциями информацией о текущем графе связей кластера. При получении информации от взаимодействующей станции, информация о графе сохраняется и рассылается другим станциям, за исключением станции, от которой она была получена. Это позволит избежать зацикливания устаревшей информации о состоянии графа связи кластера между взаимодействующими станциями. В результате все станции сохраняют в своей памяти идентичные сведения о текущей конфигурации графа связей сети. Для контроля состояния связей и соседних станций, станции обмениваются короткими сообщениями через установленный временной интервал. В случае, когда контрольные сообщения перестают поступать от какой-либо станции в течение нескольких заданных временных интервалов, делается вывод об изменении состояния связи на неработоспособное и вносится изменение в топологическую базу данных. Одновременно взаимодействующим станциям отсылается обновленная информация о графе состояния кластера, для исправления ими своих баз данных.

Основной задачей протокола маршрутизации является составление маршрута между двумя станциями. Для ее решения используется итеративный алгоритм Дейкстры [11]. Каждая станция кластера, действуя в соответствии с этим алгоритмом, ищет оптимальные маршруты до всех станций кластера. Если информация о графе связей кластера изменилась, то каждая станция заново ищет оптимальные маршруты и корректирует свою таблицу маршрутизации.

Установление связи между двумя станциям кластера по протоколу маршрутизации начинается с выбора метрики. По умолчанию используется метрика, учитывающая пропускную способность радионаправлений. Кроме того, допускается применение метрик, учитывающих надежность и качество приема, которое зависит от

мощности помех на входе приемников. Для каждой из метрик протокол строит отдельную таблицу маршрутизации. Количественные значения для метрик прописываются на этапе первоначальной настройки станции.

При реализации параллельной ретрансляции в сети ДКМ радиосвязи назначаются станции отправителя и получателя информации, производится поиск свободных ретрансляторов и определение их потребного количества [9-10]. Описываемая структура представляет собой статическую маршрутизацию для заданного набора станций. Вариант функционирования протокола маршрутизации кластера ДКМ радиосвязи изображен на рис. 1.

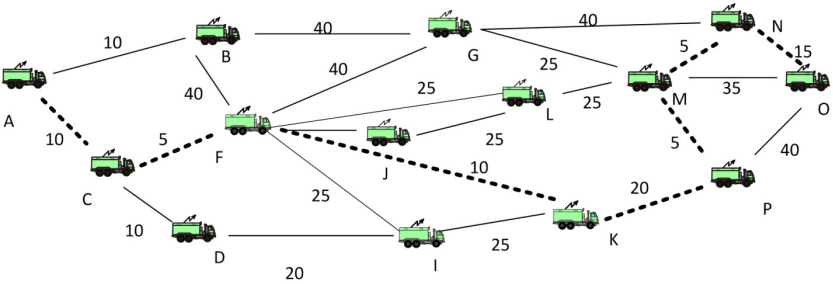


Рис. 1. Вариант функционирования протокола маршрутизации кластера ДКМ радиосвязи

Соседние станции здесь соединены линиями. Перед началом работы информация о графе связей кластера загружается в маршрутизатор станции. Оператором станции-отправителя выбирается метрика – качество связи. Каждому ребру графа связей кластера назначаются количественные значения. Пример назначения количественных значений представлен в таблице 1.

Таблица 1

Пример назначения количественных значений графа связей кластера.

Отношение сигнал/шум (дБ)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Значение метрики	50	45	40	35	30	20	15	10	5	1

Исходя из назначенной метрики, в соответствии с алгоритмом Дейкстры, протокол определяет кратчайший маршрут (с наименьшей

метрикой). На рис. 1 кратчайший маршрут, с учетом радиочастотной обстановки и свободного структурного ресурса, обозначен пунктирной линией (A, C, F, K, P, M, N, O).

При получении информации об ухудшении качества связи, связанным с внешними дестабилизирующими факторами, оператором может быть применен режим параллельной ретрансляции сигналов с назначением станции отправителя (F), станции получателя (K) и станций ретрансляторов (J, L, G, I). При этом в точке приема уровень полезного сигнала повышается (для рассматриваемого примера – в 4 раза).

В случае выхода из строя одной из станций сети (например, станции N на рис. 1), соседние станции (G, M, O) вносят изменения в свои базы данных и рассылают информация о графе связей кластера своим непосредственным соседям. После того как станция отправитель (A) получит обновленную информацию о графе связей кластера, произойдет пересчет маршрута передачи.

Вариант функционирования протокола маршрутизации кластера ДКМ радиосвязи с применением параллельной ретрансляции сигналов представлен на рис. 2.

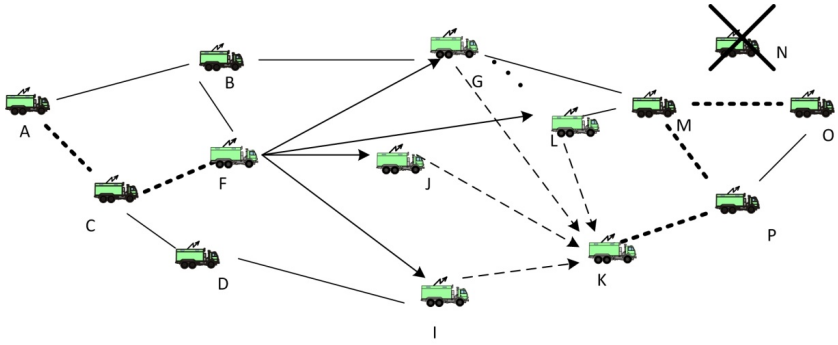


Рис. 2. Вариант функционирования протокола маршрутизации кластера ДКМ радиосвязи с применением механизма параллельной ретрансляции сигналов

Время конвергенции в данном случае будем напрямую зависеть от качества каналов связи между станциями кластера. Необходимо учитывать, что с увеличением числа станций кластера будет возрастать время расчета сходимости алгоритма Дейкстры, что приведет к увеличению времени конвергенции [11].Конечный вариант маршрута

для рассматриваемого примера выделен пунктирной линией (на рис. 2 – A, C, F {G, J, L, I} K, P, M, O).

Заключение

Предложенная модель автоматизированной сети ДКМ радиосвязи – кластера ДКМ радиосвязи обеспечивает реализацию адаптивного управления структурным ресурсом с выбором оптимального количества ретрансляторов. После оптимизации структуры радиосети обеспечивается выбор режимов работы ее элементов. Кроме того, обеспечивается адаптивное управление параметрами элементов радиосети в зависимости от сложившейся сигнально-помеховой обстановки.

Построение предложенного кластера возможно на базе перспективных средств ДКМ радиосвязи после интеграции в них программно-аппаратного комплекса с поддержкой протоколов физического, канального и сетевого уровня. Практическая реализация предложенного кластера позволит повысить помехоустойчивость сетей ДКМ радиосвязи в сложной сигнально-помеховой обстановке.

Список литературы

1. Головин, О.В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О.В. Головин, С.П. Простов – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 598 с.
2. Антонюк, Л.Я. Эффективность радиосвязи и методы ее оценки / Л.Я. Антонюк, В.В. Игнатов – С.Пб.: ВАС, 1994. – 124 с.
3. Березовский, В.А. Современная декаметровая радиосвязь / В.А. Березовский, В.А. Дулькейт, О.К. Савицкий– М.: Радиотехника, 2011. – 444 с.
4. Рябов, А.В. Управление мощностью передающих устройств автоматизированных линий декаметровой радиосвязи / Е.В. Головченко, А.В. Рябов, М.А. Савельев, Федюнин – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 140 с.
5. Ватрухин, Е.М. Новые возможности применения коротковолновой радиосвязи при решении боевой авиацией задач воздушно-космической обороны / Е.М. Ватрухин // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». – 2017. – №2 (21). – С. 16-19.
6. Лузан, Ю.С. Адаптивная радиосвязь в ДКМ диапазоне частот. Современное состояние и перспективы развития / Ю.С. Лузан, Н.П. Хмырова // Техника радиосвязи. – 2008. – Вып. 13. – С. 3-24.
7. Шадрин, Б.Г. Повышение помехоустойчивости передачи данных в ведомственных сетях связи декаметрового диапазона / Б.Г. Шадрин, Д.Е. Зачатейский, В.А. Дворянчиков // Техника радиосвязи, 2018. – Вып. 1 (36). – С. 7-19.

8. MIL-STD-188-141B. Department of Defense Interface Standard, 1999.

9. Рябов, А.В. Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением энергетическими параметрами передатчиков / А.В. Рябов, А.С. Скорик // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XX международной научно-методической конференции /под ред. А. А. Зацеринского, Д.Н. Борисова. Воронеж, ВГУ 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 1518-1523.

10. 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.

11. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов.3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

Алгоритм функционирования сети декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом

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. *Предложен алгоритм поиска оптимального маршрута прохождения радиосигналов в автоматизированной сети ДКМ радиосвязи, позволяющий обеспечить ее функционирование в различных условиях обстановки на основе с адаптивного управления структурно-параметрическим ресурсом.*

Ключевые слова: *автоматизированная сеть радиосвязи, декаметровая радиосвязь, адаптивное управление, разведзащищенность, алгоритм функционирования.*

Введение

В настоящее время, в системах связи авиационных формирований для организации радиосетей и радионаправлений ДКМ радиосвязи применяются радиостанции средней и большой мощности, обладающие значительными демаскирующими признаками. Это снижает разведзащищенность системы связи авиационного формирования. При этом ограниченный частотный ресурс и использование традиционных видов сигналов обеспечивают скорость информационного обмена не более 1200 бит/с надежностью 0,7, что не позволяет в полной мере обеспечить требования по устойчивости и пропускной способности [1].

Совершенствование ДКМ радиосвязи связано с построением автоматизированные сетей с адаптивным управлением структурным, параметрическим и алгоритмическим ресурсом [2].

В настоящее время методы адаптивного управления параметрами радиолиний рассмотрены довольно широко в ряде работ, например [2-5]. Наиболее эффективными из них, с точки обеспечения разведзащищенности, являются методы, основанные на адаптивном управлении энергетическими (мощность излучения передатчика, коэффициент усиления антенной системы) и временными (время работы передатчика на излучение, время перехода с одной частоты на другую) параметрами [6]. Реализация данных методов требует применения

© Рябов А. В., 2021

дополнительных мер по обеспечению требуемой устойчивости системы связи. Решение данной задачи требует комплексного подхода и может быть найдено на основе управления указанными выше параметрами радиолиний в рамках структурной адаптации.

В работах [7, 8] рассмотрены модели автоматизированной сети ДКМ радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом на основе управления энергетическими и временными параметрами.

Реализация автоматизированного управления предлагаемой сети радиосвязи требует разработки алгоритма ее функционирования, адаптивного к состоянию самой сети (внутренних и внешних факторов, воздействующих на сеть), а также условий распространения радиоволн.

1. Разработка алгоритма

Рассмотрим алгоритм функционирования автоматизированной сети ДКМ радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом [7, 8]. Данная радиосеть представляет собой совокупность средств ДКМ радиосвязи авиационного формирования, распределенных на определенной территории.

На рис. 1 представлена модель автоматизированной сети ДКМ радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом. На рисунке сделаны следующие обозначения:

- соседние станции здесь соединены линиями;
- кратчайший маршрут, с учетом радиочастотной обстановки и свободного структурного ресурса, обозначен пунктирной линией;
- станция N выведена из строя.

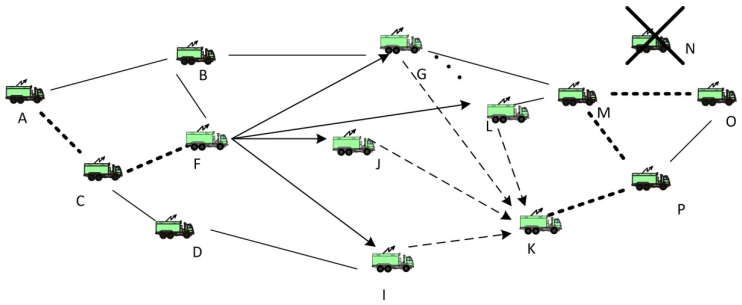


Рис. 1. Модель автоматизированной сети ДКМ радиосвязи

В общем случае каждый элемент такой радиосети может быть источником (отправителем) сообщений, получателем сообщений или

ретранслятором. При этом возможны следующие варианты применения элементов данной радиосети:

- непосредственная передача информации от источника получателю информации;
- последовательная ретрансляция через составные радиолинии информации от источника получателю;
- параллельная ретрансляция информации от источника получателю с синфазным сложением мощности излучения передатчиков в точке приема [7];
- попеременная ретрансляция сигналов информации от источника получателю системой пространственно распределенных ретрансляторов (радиостанций) [8].

На рис. 2 представлен алгоритм поиска оптимального маршрута прохождения радиосигналов в сети ДКМ радиосвязи, с учетом перечисленных вариантов применения.

Отличиями предлагаемого алгоритма от существующих являются:

- возможность проведения расчета показателей разведзащищенности по методике, рассмотренной в [9], как для радионаправления типа «точка-точка», так и для радиосети любой топологии, в том числе с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом;
- возможность оценки эффективности применения способов повышения разведзащищенности системы связи авиационного формирования на основе адаптивного управления ее структурно-параметрическим ресурсом, с выбором оптимального способа повышения разведзащищенности и маршрута прохождения сигнала;
- возможность оценки качества радиосвязи (через соотношение сигнал/шум) при отсутствии радиопротиводействия со стороны противника, с учетом оптимизации энергетических и временных параметров радиолинии при обеспечении требуемой разведзащищенности.

На рис. 3 представлена используемая в приведенном на рис. 2 алгоритме функция расчета радиолинии (тип 2,3,4).

Рассмотрим функционирование алгоритма. На начальном этапе функционирования алгоритма пользователем-оператором ставится задача по организации радиолинии (к примеру, между узлами А и О на рис. 1). Параллельно с этим на узлах сети, в автоматическом режиме выполняется зондирование ионосферы, обновляется информация о доступности узлов сети, уточняется максимальное количество узлов сети. После этого задаются пороговые значения отношения сигнал шум

и коэффициента разведзащищенности, обеспечивающие требуемое качество системы связи.

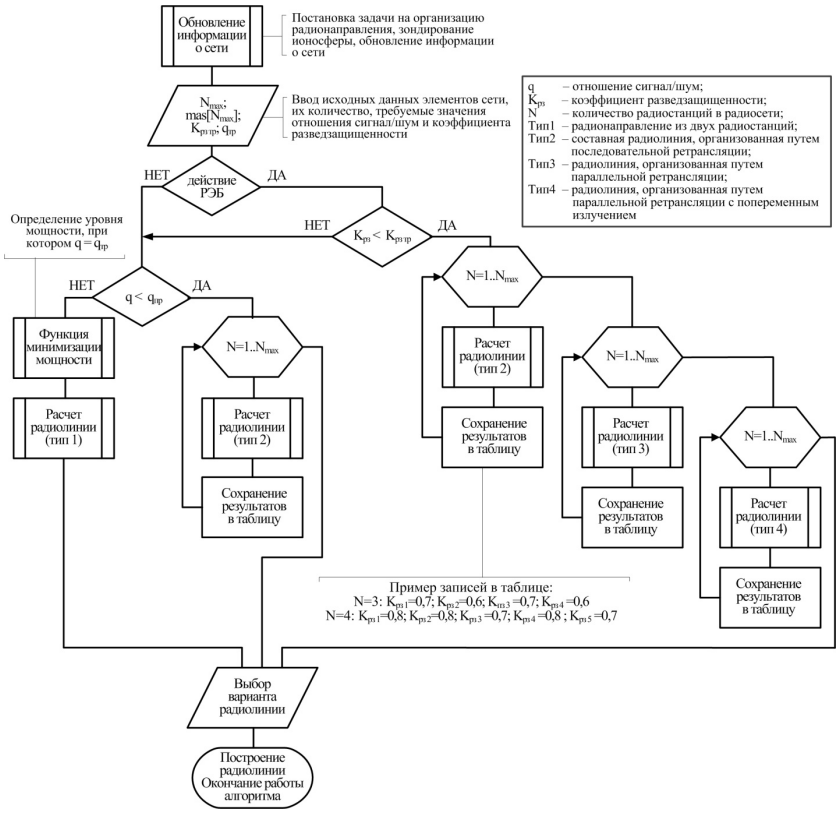


Рис. 2. Алгоритм поиска оптимального маршрута прохождения радиосигналов в автоматизированной сети ДКМ радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом

Следующим шагом алгоритма уточняется информация о наличии средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) противника способных оказать влияние на радиолинию.

При возрастании вероятности работы средств РЭБ противника, проводится расчет коэффициента разведзащищенности Крз радионаправления А-О, с учетом энергетических характеристик данных средств.



Рис. 3. Алгоритм поиска оптимального маршрута прохождения радиосигналов в автоматизированной сети ДКМ радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом

При снижении значения коэффициента Крз ниже требуемого значения Крз тр, в цикле алгоритма, в зависимости от структурного ресурса сети, моделируются возможные варианты маршрута прохождения радиосигнала:

- через составную радиолинию с последовательной ретрансляцией сигналов (A-C-F; K-P-O на рис. 1);
- через радиолинию с параллельной ретрансляцией сигналов (F-G, J, I, L-K на рис. 1);
- через радиолинию с параллельной ретрансляцией сигналов и попеременным излучением (F-J, I-K; F-G, L-K на рис. 1);
- через комбинированную радиолинию с применением всех вышеперечисленных способов (A-C-F-J, I; G, L-K-P-O на рис. 1).

В ходе моделирования радиолинии, для каждого составного участка определяется минимально допустимая мощность излучения передатчика. Участки составной радиолинии, для которых значение коэффициента Крз меньше требуемого значения Крз тр отсеиваются. Из оставшихся значений формируется таблица результатов.

В таблице представлены результаты расчетов коэффициента Крз для различных вариантов составной радиолинии с последовательной ретрансляцией.

Таблица

Результаты расчетов коэффициента разведзащищенности для составной радиолинии с последовательной ретрансляцией

Вариант радиолинии	Структура радиолинии	Значения коэффициента разведзащищенности Крз на участках составной радиолинии
1	A-C-F-K-P-M-N-O	0,5; 0,45; 0,35; 0,35; 0,4; 0,3; 0,56; 0,4
2	A-B-F-G-M-N-O	0,5; 0,25; 0,35; 0,25; 0,3; 0,3; 0,4
…	…	…
n	A-C-D-I-F-B-G-N-O	0,5; 0,45; 0,55; 0,55; 0,5; 0,2; 0,3; 0,4

Аналогичным образом формируются таблицы результатов расчетов для радиолиний (участка радиолинии) с использованием параллельной ретрансляции или параллельной ретрансляции с попеременным излучением.

После анализа результатов расчетов по всем возможным вариантам, оператору предлагаются варианты составной радиолинии.

Заключение

Разработанный алгоритм функционирования автоматизированной сети декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом позволяет производить расчет оптимальной топологии сети для различных условий обстановки.

Данный алгоритм обеспечивает выбор наиболее эффективных, с точки зрения разведзащищенности и устойчивости, способов повышения качества сети ДКМ радиосвязи и адаптивное управление ее структурным ресурсом и параметрами ее элементов.

Список литературы

1. Ватрухин Е.М. Новые возможности применения коротковолновой радиосвязи при решении боевой авиацией задач воздушно-космической обороны / Е.М. Ватрухин // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей» 2017. – №2 (21). – С. 16-19.

2. Головин, О.В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О.В. Головин, С.П. Простов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 598 с.

3. Антонюк, Л.Я. Эффективность радиосвязи и методы ее оценки / Л.Я. Антонюк, В.В. Игнатов. – С.Пб.: ВАС, 1994. – 124 с.

4. Березовский, В.А. Современная декаметровая радиосвязь / В.А. Березовский, В.А. Дулькейт, О.К. Савицкий. – М. : Радиотехника, 2011. – 444 с.

5. Рябов, А.В. Управление мощностью передающих устройств автоматизированных линий декаметровой радиосвязи / Е.В. Головченко, А.В. Рябов, М.А. Савельев, Федюнин – Воронеж : ВАИУ, 2010. – 140 с.

6. Рябов, А.В. Анализ факторов, влияющих на разведзащищенность системы связи авиационного соединения / А.В. Рябов, А.А. Кириллов // Сб. материалов VI Международной научно-технической конференции, посвященной Дню образования войск связи «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения авиацией» (8-9 ноября 2017г.) – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – С. 117-119.

7. Рябов, А.В. Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением энергетическими параметрами передатчиков / А.В. Рябов, А.С. Скорик // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XX международной научно-методической конференции /под ред. А. А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. Воронеж, ВГУ 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 1518-1523.

8. Рябов А.В. Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением времени излучения передатчиков / А.М. Карпель, А.В. Рябов // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XIX международной научно-методической конференции /под ред. Д. Н. Борисова; Воронеж, ВГУ, 14-15 февраля 2019 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 1156-1160.

9. Рябов А.В. Алгоритм расчета показателей разведывательной защищенности сетей авиационной радиосвязи / М.Ю. Пресняков, А.В. Рябов // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XIX международной научно-методической конференции /под ред. Д. Н. Борисова; Воронеж, ВГУ, 14-15 февраля 2019 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – С. 521-525.

Моделирование временных рядов метеорологических величин с использованием элементов технического анализа

А. В. Соловьев, e-mail: av-solovev@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 работе была получена прогностическая модель метеорологической величины на основе инструментов технического анализа при использовании ограниченного объема метеоданных. Проведена оценка успешности подобного подхода при решении практических задач на примере временного ряда температуры точки росы.*

Ключевые слова: *инструменты технического анализа, индикатор MACD, индикатор MACD-гистограмм, паттерны технического анализа, графические фигур задаваемой длины.*

Введение

Прогностическая информация об атмосферных параметрах используется в различных сферах деятельности человека. К примеру, эти данные учитываются при планировании сельскохозяйственных мероприятий, организации безопасности авиации и транспортного сообщения, обеспечении эффективной работы энергетических объектов и т.д. Достоверность прогнозов погоды, разрабатываемых в соответствии со спецификой деятельности потребителя, зависит о полноты и качества используемой исходной анализируемой метеоинформации. Однако данным условиям может удовлетворять только Европейская территория Российской Федерации. Большая часть России (Арктическая зона, Северный и Южный Урал, Сибирь, Дальний Восток) обладает значительно более разреженной сетью метеорологических станций, по сравнению с ее центральным регионом.

Недостаток исходных данных об атмосферных параметрах требуемого объема в связи со слабой освещенностью территории в метеорологическом отношении приводит к снижению качества полученных прогнозов погоды с помощью традиционных способов таких как синоптических и гидродинамических.

© Соловьев А. В., 2021

Исходя из вышесказанного, научные исследования, посвященные поиску более совершенных прогностических способов, использующих ограниченное количество метеоинформации, являются актуальными.

Целью данной работы является разработка прогностической модели метеорологических величин на основе инструментов технического анализа при использовании ограниченного объема метеоданных и оценка ее успешности.

1. Разработка прогностической модели метеорологической величины на основе инструментов технического анализа

Для решения поставленных задач в рамках проводимого исследования были использованы индикатор MACD и его доработанная версию MACD-гистограмм, а также графические фигуры (паттерны) [1, 2, 3]. Предложенные инструменты технического анализа хорошо зарекомендовали себя в области финансовой аналитики, эконометрике и т.д. Данные финансовые инструменты могут быть использованы для различных временных рядов и не требуют большого количества исходной информации, что характерно для решаемых в процессе проводимого исследования метеорологических задач.

В качестве данных для формирования выборочной совокупности использовались архивные наблюдения за погодой на метеорологической станции аэропорта Кольцово (г. Екатеринбург) с 2015 по 2020 гг.

Применение индикаторов MACD и MACD-гистограмм, а также графических фигур при прогнозировании тенденции метеорологической величины подробно описан в статье [4].

Появление MACD наступает в момент пересечения линий FL и SL, что в свою очередь сигнализирует о дальнейшей смене тенденции временного ряда. Пример выявления данного индикатора представлен на рис. 1.

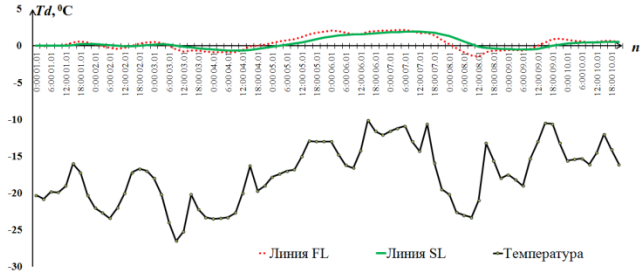


Рис. 1. График значений температуры точки росы за основные сроки наблюдений аэропорта «Кольцово» и индикатора MACD (январь 2018 года – май 2019 года)

Равенство MACD-гистограмм нулю свидетельствует о смене тенденции исследуемой метеовеличины.

Существенным недостатком данных индикаторов является невозможность прогнозирования слабовыраженных изменений во временном ряде рассматриваемого атмосферного параметра.

Графические фигуры технического анализа делятся на два типа: сохранения и смены тенденции [3]. Примеры паттерна представлен на рис. 2.



Рис. 2. Графическая фигура технического анализа «Двойной максимум»

При достижении линией временного ряда исследуемой метеорологической величины уровня поддержки и появлении характерной фигуры прогнозируется тип тенденции.

К недостатку паттернов можно отнести нерегулярность их появления на графике.

На основе существующих принципов технического анализа была построена прогностическая модель метеорологической величины с использованием графических фигур задаваемой длины. Формирование паттернов нового типа выполнялось с помощью элементов. Под таким элементом графической фигуры понималось значение тенденции между соседними параметрами временного ряда, представленного в виде следующего выражения:

$$\Delta V_i = V_i - V_{i-1}, \qquad (1)$$

где значения метеовеличины i -го и $(i-1)$ -го порядка соответственно.

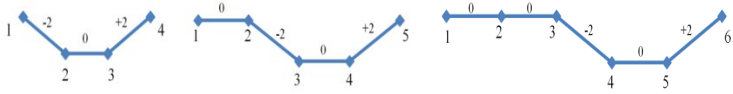
В соответствии с принадлежностью к определенной градации каждому элементу паттерна было определено номерное значение. Принцип замены данных элементов на номерные значения представлен в табл. 1.

Таблица 1

Перевод элементов паттернов в номерные значения

№	Обозначение в цифрах	Градации элементов	Тенденция
1	«-5»	(-∞;-4,5)	значительное падение
2	«-3»	[-4,5;-1,5]	падение
3	«0»	(-1,5;+1,5)	сохранение
4	«+3»	[+1,5;+4,5]	рост
5	«+5»	(+4,5;+∞)	существенный рост

С использованием полученных величин были построены графические фигуры из 3, 4 и 5-ти элементов. Примеры образованных паттернов изображены на рис. 3



а б в

а – из 3 элементов, б – из 4 элементов, в – из 5 элементов

Рис. 3. Графические фигуры задаваемой длины

Основой полученного способа являются в выявлении характерных особенностей поведения временного ряда при формировании графических фигур задаваемой длины.

Полученные паттерны с фиксированным количеством точек были использованы в программе прогностической модели метеорологической величин на основе инструментов графических фигур, задаваемой длины ПМТг. Оболочка ПМТг представлена на рис. 4.

Графическая фигура	*ПМТг для 4 точек*					
	Комбинация	Номерные значения				Ожидаемое изменение
		-5	-3	0	+3	+5	**повышение**
	-202	0%	11%	20%	55%	14%	**89%**
	Прогностическое заключение					
	Ожидается повышение температуры на				[+1,5;+4,5]	^{0}C

Рис. 4. Оболочка программы ПМТг для 4-х точек

Для получения результата необходимо в интерфейс программы ПМТг подать значения тенденции между соседними параметрами временного ряда, представленные в цифровом обозначении (табл. 1).

2. Оценивание успешности прогностической модели

Оценка успешности применения предложенных инструментов технического анализа для прогнозирования поведения временного ряда была выполнена на основе данных наблюдений за температурой точки росы у поверхности земли за основные сроки. При решении этой задачи были построены соответствующие таблицы сопряженности для индикатора MACD, MACD-гистограмм, классических экономических паттернов и полученных графических фигур, задаваемой длины.

На основе выполненных расчетов установлено, что тенденция прогнозировалась правильно:

при использовании индикатора MACD – в 77% случаев;

при использовании MACD–гистограмм – в 80% случаев;

при применении графических фигур технического анализа – в 81% случаев.

Для повышения качества прогнозирования в процессе исследования были получены модели ПМТг-1, ПМТг-2, ПМТг-3 и ПМТг-4. Оправдываемость прогнозов температуры точки росы (доля попаданий в прогностическую градацию фактического значения рассматриваемой метеовеличины) и характеристики данных моделей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики моделей типа ПМТг

№	Модель	Длина ряда	Число элементов	Количество видов паттернов	Оправдываемость прогнозов
Температура точки росы					
1	ПМТг-1	14609	3	125	82%
2	ПМТг-2	14608	4	625	90%
3	ПМТг-3	14607	5	3125	87%
4	ПМТг-4	14606	6	15625	70%

Наиболее лучшие показатели успешности были получены при использовании модели ПМТг-2. Использование данной модели позволило повысить оправдываемость прогнозов температуры точки росы по сравнению с классическими способами технического анализа на 9-13%.

Заключение

Таким образом, в ходе проведенных исследований была получена прогностическая модель метеорологической величины на основе инструментов технического анализа при использовании ограниченного объема метеоданных. Применение данной модели позволило решить ряд проблем, возникающих при использовании классических инструментов технического анализа, таких как отсутствие систематического прогнозирования и выявления слабовыраженных возмущений.

С помощью модели типа ПМТг-2 удалось достичь наиболее высоких показателей эффективности по сравнению с другими рассмотренными в исследовании способами прогнозирования. Данная модель позволяет разрабатывать прогноз температуры точки росы с оправдываемостью 90% и более.

Список литературы

1. Аппель, Д. Технический анализ. Эффективные инструменты для активного инвестора [Текст] / Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2007. – 304 с.

2. Линькова, М.В. Технический анализ: понятие, сущность и аксиомы [Текст] // Территория науки, 2016. – № 3. – С. 179-182.

3. Schwager, J. Technical analysis [Текст]. – New York: John Wiley & Sons, 1996. – 768 p.

4. Соловьев, А.В. Использование элементов технического анализа для определения тенденции изменения метеорологических величин [Текст] / А.В. Соловьев, И.И. Ульшин // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XX международной научно-методической конференции / Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2020. – т. 2. – С. 118-123.

5. Айвозян, С.А. Эконометрика-2: продвинутый курс с приложениями в финансах: учебник [Текст] / С.А. Айвозян, Д. Фантаццини. – М.: Магистр: Инфра-М, 2014. – 944 с.

6. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов (РД 52.27.284-91) / Под ред. В.И. Кузьменко. – СПб: Гидрометеоиздат, 1991. – 151 с.

Математическое моделирование термопластического состояния толстостенной сферической оболочки

Д. И. Соломатин, email: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com
А. А. Верлин, email: alexandrverlin@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Определяется напряженное и деформированное состояние толстостенной сферической оболочки, испытывающей центрально симметричные распределенные силовые, кинематические и тепловые внешние воздействия. Принимается, что материал оболочки проявляет свойства теплопроводности, упругости и пластичности. Функции пластичности зависит от трех независимых инвариантов тензора напряжений. Построен алгоритм решения задачи для любого условия пластичности. Дано графическое представление решения.*

Ключевые слова: *полый шар, толстостенная сферическая оболочка, теромоупругопластическое состояние, эквивалентное напряжение, ассоциированный закон пластического деформирования, годограф напряжений.*

Введение

Решение задачи о толстостенной сферической оболочке, испытывающей разные внешние воздействия приводится во многих книгах по теории упругости, пластичности, термоупругопластичности и научных статьях, например, [1-7]. Обычно рассматривается случай, когда процесс нагружения является простым [8-15]. Решение этой и аналогичных задач представляет интерес, поскольку можно получить аналитическое, или частично аналитическое решение для разных математических моделей.

Если рассматривать постановку задачи в информационном плане, то можно выделять исходные данные. К ним относятся внешние параметры, характеризующие внешние воздействия на рассматриваемый объект, геометрические параметры объекта и материальные константы (модули), входящие в определяющие уравнения математической модели, которые устанавливают зависимость между внутренними параметрами состояния объекта. Поскольку искомые параметры состояния являются функциями внешних параметров и модулей, то представление предельных условий в виде функций внешних параметров и модулей позволяет сформулировать

© Соломатин Д. И., Верлин А. А., 2021

задачу определения допустимых значений внешних параметров состояния, для которых нужно использовать ту или иную математическую модель для определения значений искомых параметров состояния.

1. Постановка задачи

Рассматривается задача о толстостенной сферической оболочке (полом шаре), испытывающей полярно симметричные внешние воздействия: давление p_b на внешнюю стенку $\rho = b$ и давление p_a на внутреннюю стенку $\rho = a$. Если на границы $\rho = a$ и $\rho = b$ действует кинематические воздействия тогда задаются перемещения на этих границах u_a и u_b соответственно. Также рассматривается тепловое воздействие на шар: на границе $\rho = a$ поддерживается температура T_a, на границе $\rho = b$ – температура T_b. Предполагается, что шар проявляет упругие и пластические свойства. Искомыми параметрами состояния в каждой точки шара являются компоненты тензора напряжений, компоненты тензоров деформаций и вектора перемещений.

Детали выбираемых математических моделей рассматриваются ниже по тексту.

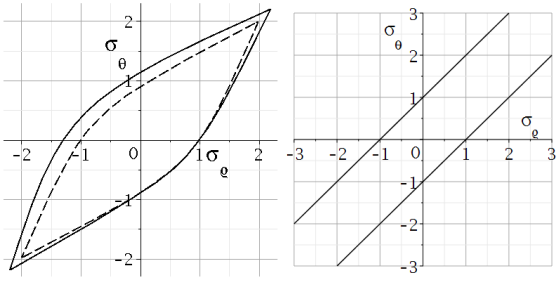
2. Основные соотношения

Все нижеприводимые соотношения будем записывать в безразмерном виде. В качестве масштаба длины выбирается внешний радиус шара b. Все величины имеющие размерность напряжений отнесены к пределу пластичности на одноосное растяжение k. В области упругого состояния упругие деформации являются полными (нет остаточных деформаций). Масштабная единица для температуры 1°.

Рассмотрим условие пластичности:

$$f(\sigma_\rho, \sigma_\theta) = \frac{\varsigma(\sigma_\rho^w + 2\sigma_\theta^w)^{\frac{1}{w}} + \eta((|\sigma_\rho - \sigma_\theta|^m + \alpha(\sigma_\rho - \sigma_\theta)^m)^{\frac{1}{m}}}{\varsigma + \eta(1+\alpha)^{1/m}} = k(T) \qquad (1)$$

На рис. 1 в плоскости σ_ρ, σ_θ показаны кривые пластичности, определяемые по формуле (2) для разных значений числовых коэффициентов в функции пластичности.



а б

а) $\varsigma = 0.2,\ w = 2,\ \eta = 0.5,\ m = 3,\ k = 1$

($\alpha = 0.5$ *– сплошная линия,* $\alpha = 0$ *– пунктирная),*

б) $\alpha = 0,\ \varsigma = 0,\ k = 1$

Рис. 1. Кривые пластичности

Результаты, представленные на рис. 1, показывают, что при учете первого инварианта тензора напряжений радиальное и окружное напряжения, когда точка шара находится в упругом состоянии может изменяться в ограниченном диапазоне.

Когда учитывается зависимость предела пластичности от температуры, вид кривых пластичности в плоскости $\sigma_\theta = \sigma_\phi$ зависит от радиальной координаты точки шара, находящейся в пластическом состоянии.

Если значения параметров состояния $\sigma_\rho, \sigma_\theta$ определяют точку области, ограниченную кривой пластичности, принимается, что определяющими уравнениями, связывающим напряжения и деформации, является соотношения закон Дюамея-Неймана [1, 7]:

$$E\varepsilon_\theta = (1-\nu)\sigma_\theta - \nu\sigma_\rho + E\alpha T\ , \quad E\varepsilon_\rho = \sigma_\rho - 2\nu\sigma_\theta + E\alpha T \qquad (2)$$

Модули E и ν – модуль Юнга и коэффициентом Пуассона соответственно считаются константами.

Если параметры состояния σ_ρ, σ_θ определяют точки на кривой пластичности, то принимается аддитивное представление полных деформаций через обратимые и необратимые деформации:

$$\varepsilon_\theta = \varepsilon_\theta^e + \varepsilon_\theta^p\ , \quad \varepsilon_\rho = \varepsilon_\rho^e + \varepsilon_\rho^p \qquad (3)$$

Полные деформации определяются через перемещения по формулам:

$$\varepsilon_\theta = \frac{u}{\rho}, \quad \varepsilon_\rho = \frac{du}{d\rho} \tag{4}$$

Полные деформации связаны условием совместности деформаций:

$$r\frac{d\varepsilon_\theta}{dr} + \varepsilon_\theta - \varepsilon_\rho = 0 \tag{5}$$

Приращения необратимые деформации связаны с напряжениями нормальным законом, поэтому:

$$\frac{d\varepsilon_\theta^p}{\partial f / \partial \sigma_\theta} = \frac{d\varepsilon_\rho^p}{\partial f / \partial \sigma_\rho} \tag{6}$$

Соотношения (6) при выборе нелинейных функций (2) в общем случае неинтегрируемые [16]. Поэтому в дальнейшем для получения определяющих уравнений вместо (6) будем использовать нормальный закон пластического деформирования [14, 15]:

$$\frac{\varepsilon_\theta^p}{\partial f / \partial \sigma_\theta} = \frac{\varepsilon_\rho^p}{\partial f / \partial \sigma_\rho} \tag{7}$$

В квазистатическом приближении напряжения должны удовлетворять уравнению равновесия:

$$\rho\frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + 2(\sigma_\rho - \sigma_\theta) = 0 \tag{8}$$

3. Поле температур

Поле температур в шаре находится из решения краевой задачи [1]:

$$\begin{cases} \rho\dfrac{d^2T}{d\rho^2} + 2\dfrac{dT}{d\rho} = 0, \\ T\,|_{\rho=a} = T_a, \;\; T\,|_{\rho=b} = T_b \end{cases} \tag{9}$$

Решение задачи (9) представим в виде:

$$T = T_b + \frac{a\Delta T}{(b-a)}\left(\frac{b}{\rho} - 1\right), \quad \Delta T = T_a - T_b \tag{10}$$

4. Упругая область

Из системы уравнений (8) соотношения (2), (5), исключая σ_θ, ε_θ, ε_ρ получаем уравнение для радиальной компоненты тензора напряжений:

$$\frac{d}{d\rho}(3\sigma_r + r\frac{d}{d\rho}\sigma_r) - \frac{2abE\alpha\Delta T}{(1-\nu)(b-a)\rho^2} = 0 \qquad (11)$$

Решая уравнение (11) и учитывая (10), находим [2]:

$$\sigma_\rho = A + \frac{B}{\rho^3} - \frac{\lambda}{\rho}, \quad \sigma_\theta = A - \frac{B}{2\rho^3} - \frac{\lambda}{2\rho}, \quad \lambda = \frac{abE\alpha\Delta T}{(1-\nu)(b-a)},$$

деформации

$$\begin{aligned} E\varepsilon_\rho &= (1-2\nu)A + \frac{(1+\nu)B}{\rho^3} + E\alpha\left(T_b - \frac{a\Delta T}{b-a}\right), \\ E\varepsilon_\theta &= (1-2\nu)A - \frac{(1+\nu)B}{2\rho^3} + E\alpha\left(T_b + \frac{a\Delta T}{b-a}\left(\frac{(1+\nu)b}{2(1-\nu)\rho} - 1\right)\right) \end{aligned} \qquad (12)$$

Из (4) и (12) следует, что радиальное перемещение:

$$Eu = (1-2\nu)A\rho - \frac{(1+\nu)B}{2\rho^2} + E\alpha\left(T_b + \frac{a\Delta T}{b-a}\left(\frac{(1+\nu)b}{2(1-\nu)} - \rho\right)\right)$$

5. Граничные условия

Величины A, B определяются из граничных условий. Если шар находится в упругом состоянии и заданы условия $\sigma_\rho|_{\rho=a} = -p_a$, $\sigma_\rho|_{\rho=b} = -p_b$, то:

$$A = -p_b + \frac{a^3\Delta p - \lambda(b^2 - a^2)}{b^3 - a^3}, \; B = -\frac{a^3b^3\Delta p + \lambda a^2b^2(b-a)}{b^3 - a^3}, \; \Delta p = p_a - p_b$$

Если на одной границе задано условие в напряжениях $u|_{\rho=a} = u_a$, а на другой в перемещениях $u|_{\rho=b} = u_b$, то:

$$\begin{aligned} A &= \frac{aE\alpha\Delta T}{(1-2\nu)(b-a)} - \frac{(1-2\nu)(b^2-a^2)\lambda}{2(1-2\nu)(b^3-a^3)} - \frac{E\alpha T_b}{1-2\nu} + \frac{Eu_b b^2 - Eu_a a^2}{2(1-2\nu)(b^3-a^3)}, \\ B &= \frac{a^2b^2\lambda}{b^2+ab+a^2} + \frac{2a^2b^2(Eu_b a - Eu_a b)}{(1+\nu)(b^3-a^3)} \end{aligned}$$

Если на одной границе задано условие в напряжениях $\sigma_\rho|_{\rho=a} = -p_a$, а на другой в перемещениях $u|_{\rho=b} = u_b$, то:

$$A = \frac{2b^2Eu_b - (1+\nu)a^3p_a}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} + \frac{((1-3\nu)b^2 + (1+\nu)a^2)\lambda}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} - \frac{2b^3E\alpha T_b}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3}$$

$$B = -\frac{2a^3b^2(Eu_b + (1-2\nu)bp_a)}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} + \frac{a^2b^2(2(1-2\nu)b - (1-3\nu)a)\lambda}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} + \frac{2a^3b^3E\alpha T_b}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3}$$

Кинематическое условие $u|_{\rho=b} = u_b$ эквивалентно условию $\sigma_\rho|_{\rho=b} = -p_b$, когда давление p_b вычисляется по формуле:

$$p_b = \frac{3(1-\nu)a^3bp_a - 2Eu_b(b^3 - a^3)}{(1+\nu)ba^3 + 2(1-2\nu)b^4} - \frac{((1+3\nu)a^3 - 4\nu b^3)T_b}{(1+\nu)a^3 + 2(1-2\nu)b^3} - \frac{((1-3\nu)(b^3 - a^3) + 3(1-\nu)a^2b)\lambda}{(1+\nu)ba^3 + 2(1-2\nu)b^4}$$

Данная формула полезна тогда, когда нужно знать какое давление p_b обеспечивает нужное значение перемещений на границе $\rho = b$.

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.

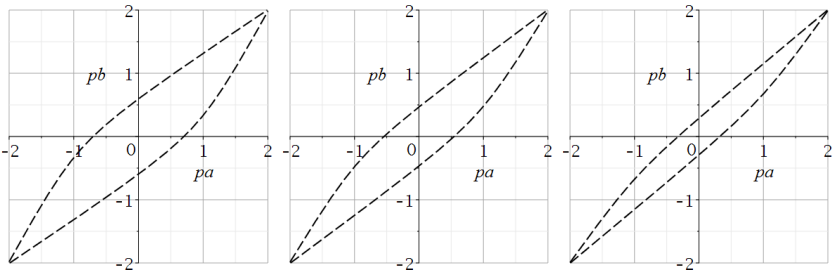
6. Эквивалентное напряжение

Термин эквивалентная величина используется для оценки каких-либо структур, полей величин и т. д. Эквивалентное напряжение – это выпуклые изотропные скалярные функции. Приравнивая эквивалентное напряжение функции пластичности можно построить образ кривой пластичности в подпространстве внешних параметров.

Когда шар испытывает только силовое внешне воздействие эквивалентное напряжение

$$\sigma_{eq} = \frac{\varsigma(\sigma_\rho^w + 2\sigma_\theta^w)^{\frac{1}{w}} + \eta|\sigma_\rho - \sigma_\theta|}{\varsigma + \eta}$$

в упругой области будет убывающей функцией радиальной координаты. Пластическая область будет зарождаться на внутренней границе шара. На рис. 2 показан образ кривой пластичности на плоскости p_a, p_b для разных значений внутреннего радиуса шара.



а б в

а) $a = 0.1$, *б)* $a = 0.6$, *в)* $a = 0.8$

Рис. 2. Образ кривой пластичности, когда $b = 1$, $k = 1$, $\varsigma = 0.2$, $w = 2$, $\eta = 0.5$

Когда значения параметров p_a, p_b определяют точку расположенную внутри кривой, изображенной на рис. 2, весь шар будет находиться в упругом состоянии. Для значений параметров p_a, p_b определяющих точку на кривой граница шара $\rho = a$ переходит в пластическое состояние.

7. Пластическая область

Если функция пластичности относительно напряжений σ_ρ, σ_θ линейная, то в пластической области задача определения напряжений имеет аналитическое решение [4, 6].

Для нелинейных функций пластичности задача определения напряжений решается численно. В этом случае дифференцируя функцию пластичности по радиальной координате, учитывая уравнение равновесия, получаем систему двух дифференциальных уравнений для определения напряжений:

$$\begin{cases} \rho \dfrac{d\sigma_\rho}{d\rho} + 2(\sigma_\rho - \sigma_\theta) = 0, \\ \dfrac{d\sigma_\theta}{d\rho} - 2\dfrac{\partial f / \partial \sigma_\rho}{\partial f / \partial \sigma_\theta} \dfrac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{\rho} - \dfrac{\partial k / \partial r}{\partial f / \partial \sigma_\theta} = 0 \end{cases} \tag{13}$$

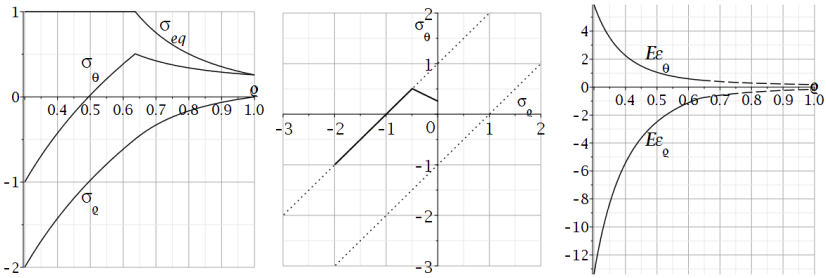
Уравнение для определения перемещений в пластической области получаем из системы (2)-(4), (7):

$$\frac{dEu}{d\rho} - \sigma_\rho + 2\nu\sigma_\theta - \frac{\partial f/\partial\sigma_\rho}{\partial f/\partial\sigma_\theta}\left(\frac{Eu}{\rho} - (1-\nu)\sigma_\theta + \nu\sigma_\rho\right) = 0\,.$$

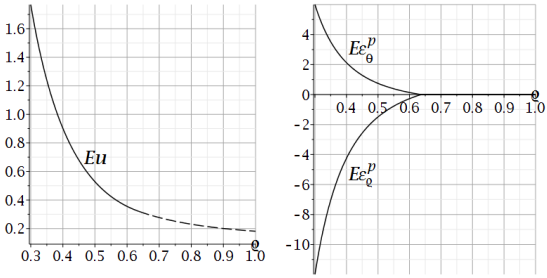
Если функция пластичности является кусочно-линейной, то вместо второго уравнения в системе (13) можно непосредственно используем функцию пластичности для каждого режима отдельно.

8. Результаты вычислений

На рис. 3-4 приведены графики для напряжений, деформаций, перемещений и годографа вектора напряжений для различных функций пластичности (разница заключается в значении коэффициента ς: $\varsigma = 0$ – на рис. 3, $\varsigma = 0.2$ – на рис. 4) при одинаковых остальных параметрах.



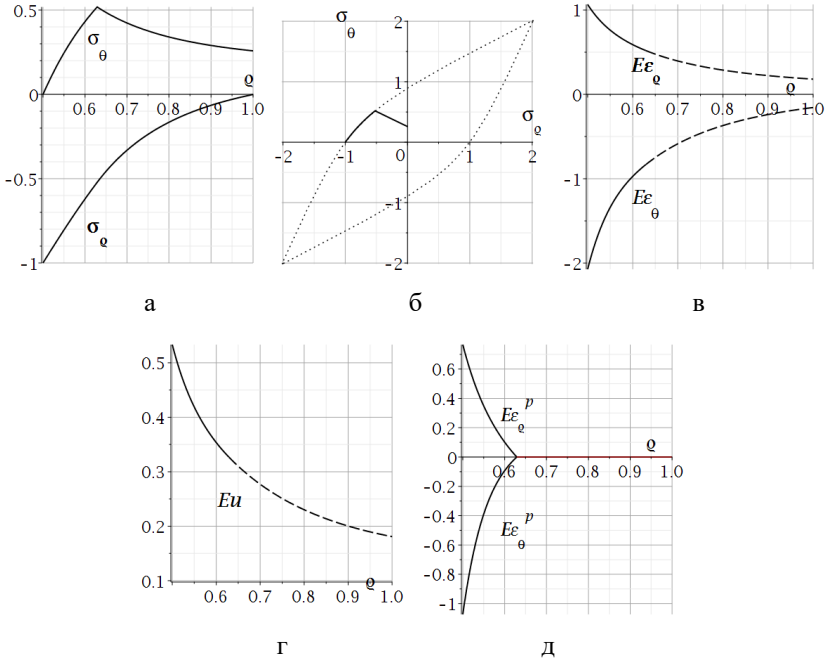
а б в



г д

а) напряжения, б) годограф ветора напряжений, в) полные деформации, г) перемещение, е) пластические деформации

Рис. 3. Полученное решение для $\varsigma = 0$, $\chi = 0$, $a = 0.3$, $b = 1$, $k_0 = 1$, $\nu = 0.3$, $w = 2$, $\eta = 0.5$, $p_a = 0.5$, $p_b = 0$ (радиус упругопластической границы $c = 0.629$)



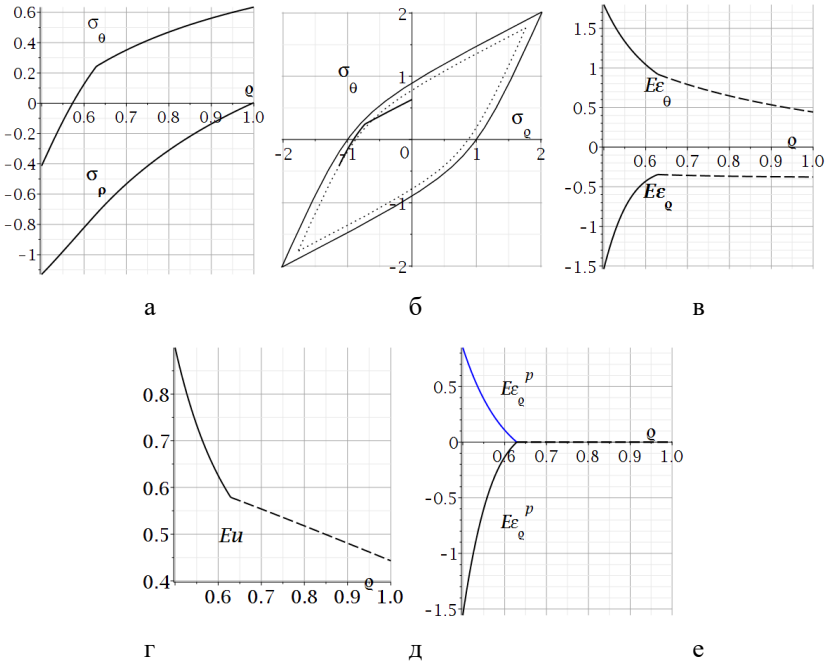
а б в

г д

а) напряжения, б) годограф ветора напряжений, в) полные деформации, г) перемещение, е) пластические деформации

Рис. 4. Полученное решение для $\varsigma = 0.2$, $\chi = 0$, $a = 0.5$, $b = 1$, $k_0 = 1$, $\nu = 0.3$, $w = 2$, $\eta = 0.5$, $p_a = 0.5$, $p_b = 0$ (радиус упругопластической границы $c = 0.629$)

На рис. 5 приведены графики для напряжений, деформаций, перемещений и годографа вектора напряжений при наличии зависимости предела пластичности от температуры $k = k_0(1 - \psi T)$.



а) напряжения, б) годограф ветора напряжений, в) полные деформации, г) перемещение, е) пластические деформации

Рис. 5. Полученное решение для $\varsigma = 0.2$, $\chi = 0.0017$, $a = 0.5$, $b = 1$, $k_0 = 1$, $\nu = 0.3$, $w = 2$, $\eta = 0.5$, $p_a = 1.13$, $p_b = 0$ (радиус упругопластической границы $c = 0.629$)

Выводы

Предложенная процедура определения напряженного и деформируемого состояния в пластической области шара справедлива для любого условия пластичности. Учет упругой, пластической сжимаемости и зависимость предела пластичности от температуры существенно влияет на распределение напряжений и деформаций в толстостенной сферической оболочке.

Список литературы

1. Timoshenko S. P. Theory of elasticity / S. P. Timoshenko, J. N. Goodier. – New York : McGraw-Hill, 1970. – 506 p.

2. Ильюшин А.А. Пластичность. Ч.1. Упруго-пластические деформации / А. А. Ильюшин. – М.-Л. : ОГИЗ, 1948. – 376 с.

3. Соколовский В. В. Теория пластичности / В. В. Соколовский. – Москва : Высшая школа, 1969. – 608 с.

4. Kachanov L. M. Foundations of the Theory of Plasticity / L.M. Kachanov. – Amsterdam : North-Holland Publishing Company, 1971. – 482 p.

5. Lubliner J. Plasticity Theory / J. Lubliner. – New York : MacMillan Publishing Company, 1990. – 516 p.

6. Chakrabarty J. Theory of Plasticity / J. Chakrabarty. – Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. – 882 p.

7. Паркус, Г. Неустановившиеся температурные напряжения / Г. Паркус. – Москва: Физматлит, 1963. – С. 252.

8. Gamer U. On the elastic-plastic deformation of a sphere subjected to a spherically symmetrical temperature field / U. Gamer // Journal of Thermal Stresses. – 1988. – Vol. 13. – P. 159–173.

9. Бабешко, М. Е. Термоупругопластическое деформирование составной оболочки в процессах осесимметричного нагружения с учетом третьего инварианта девиатора напряжений / М. Е. Бабешко, Ю. Н. Шевченко // Прикладная механика. – 2010. – Т. 46. – С. 34-41.

10. Дац Е.П. Термоупругопластическое деформирование многослойного шара / Е.П. Дац, Е.В. Мурашкин //Изв. РАН. МТТ. – 2017. – № 5. – С. 30–36.

11. Burenin A. Residual stresses in AM fabricated ball during a heating process / A. Burenin, E. Murashkin, E. Dats // AIP Conference Proceedings. – 2018. – Vol. 1959, – P. 070008. – URL: https://doi.org/10.1063/1.5034683

12. Сёмка Э.В. Упругопластическое состояние полого шара/ Э. В. Сёмка // Вестник инженерной школы ДВФУ. Серия: Механика деформируемого тела. – 2020. – № 3(44).

13. Aleksandrova N. N., Artemov M. A., Baranovskii E. S., Shashkin A. I. On stress/strain state in a rotating disk // AMCSM_2018 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1203 (2019) 8p. 012001 doi:10.1088/1742-6596/1203/1/012001

14. 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: http://doi.org/10.1088/1742-6596/1203/1/012001

15. Semka E. V. Mathematical modeling of rotating disk states / E. V. Semka, M. A. Artemov, Y. N. Babkina, E. S. Baranovskii and A. I. Shashkin // Published under licence by IOP Publishing Ltd Journal of Physics: Conference Series, Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems 11-13 November 2019. – Voronezh, Russian Federation – 2020. – V. 1479. – DOI:10.1088/1742-6596/1479/1/012122.

16. Ишлинский А. Ю. Математическая теория пластичности / А. Ю. Ишлинский, Д. Д. Ивлев. – Москва : Физматлит, 2001. – 704 с. – ISBN 5-9221-0141-2.

Математическая модель слежения комплексом с беспилотным летательным аппаратом за объектом

А. И. Тищенко, email: aleksei.tishenko@yandex.ru
С. В. Беспалов, email: antonn58@ya.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматривается математическая модель слежения комплексом с беспилотным летательным аппаратом за объектом, на основе математического метода исследования операций.*

Ключевые слова: *математическая модель, вероятность осуществления поиска, вероятность поддержания контакта, беспилотный летательный аппарат.*

Введение

Основной задачей, стоящей перед охранными ведомственными подразделениями, является предотвращение террористических актов со стороны незаконных групп формирований. Эффективность воздействия на эти группы находится в тесной зависимости от их своевременного обнаружения. В этом направлении успешно используются в охранных подразделениях комплексы с беспилотными летательными аппаратами (КБпЛА). Объективное обоснование решений на выполнение поставленных задач силами охранного подразделения в условиях случайного поиска и слежения незаконных формирований (в дальнейшем объектом) без математического моделирования этих процессов становится проблемным. Целью статьи является разработка математической модели процесса поиска и слежения расчетом КБпЛА незаконных формирований.

1. Постановка задачи

Расчет КБпЛА должен осуществить поиск объекта в указанном районе площадью S и установить наблюдение для обеспечения наведения на него мобильной группы охранного подразделения. Объект маневрирует в районе, и в момент времени t_1 находится в зоне обнаружения.

Мобильная группа охранного подразделения к моменту времени t_2 должна быть приведена в готовность для наведению ее на объект по данным расчета БпЛА. Основная задача охранного подразделения –

© Тищенко А. И., Беспалов С. В., 2021

срыв или максимальное предотвращение террористического акта по обороняемому объекту со стороны незаконного формирования. Для выполнения поставленной задачи расчет БпЛА должен к моменту времени t_2 иметь контакт и следить за объектом. Возможны несколько вариантов поддержания контакта с объектом. Рассмотрим случай когда интенсивности потерь и восстановления контакта с объектом, а также надежностью и временем наведения на него мобильной группы одинаковыми. Расчет БпЛА выполняет задачу в течение времени T, оправляемым максимальным временем нахождения БпЛА в полете. Началом отсчета времени является начало поиска. В качестве показателей эффективности действий расчета БпЛА используем вероятности того, что в заданный промежуток времени будет осуществляться поиск, поддержания с ним контакта соответственно. Показатели эффективности необходимо вычислить в интервале времени $[0,T]$. Управляющими параметрами являются вероятность обнаружения объекта расчета БпЛА с помощью оптико-электронных средств, установленных на летательном аппарате, интенсивности поиска и потерь при различных условиях контакта.

2. Математическая модель

Процесс слежения расчетом БпЛА за объектом представим, как процесс изменения состояния системы, включающий в себя два состояния: А1 – поиск объекта расчетом БпЛА; А2 – потеря расчетом БпЛА контакта с объектом. Возможные переходы системы из состояния в состояние, интенсивности переходов, представленные на рис.1

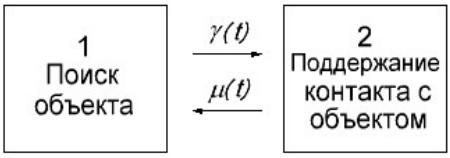


Рис. 1. Граф процесса слежения

Разработаем с помощью графа слежения систему дифференциальных уравнений (1), при условии $\sum_{i=1}^{2} P_i(t) = 1,$

$$\begin{cases} \dfrac{dP_1(t)}{dt} = -P_1(t)\gamma(t) + P_2(t)\mu(t); \\ \dfrac{dP_2(t)}{dt} = P_1(t)\gamma(t) - P_2(t)\mu(t), \end{cases} \quad (1)$$

где $P_1(t)$ – вероятность осуществления поиска объекта расчетом БпЛА, $P_2(t)$ – вероятность поддержания контакта с объектом, $\gamma(t)$ – интенсивность поиска расчетом БпЛА объекта, $\mu(t)$ – интенсивность потери расчетом БпЛА контакта с объектом.

Процедура интегрирования системы дифференциальных уравнений осуществляется на основании поставленной задачи. Элементами этой процедуры являются начальные условия для интегрирования: $P_1(t) = 1$, $P_2(t) = 0$, промежуток интегрирования $[0, T]$, значения интенсивностей $\gamma(t)$, $\mu(t)$ равны средним значениям, то есть $\gamma(t) = \gamma$, $\mu(t) = \mu$. В результате решения системы дифференциальных уравнений получим:

$$\begin{cases} P_1(t) = \dfrac{\mu}{(\mu+1)} + \dfrac{\gamma}{(\mu+1)} e^{-(\gamma+\mu)t}, \\ P_2(t) = \dfrac{\gamma}{(\mu+1)} - \dfrac{\gamma}{(\mu+1)} e^{-(\gamma+\mu)t}. \end{cases} \quad (2)$$

Показатели эффективности равны $Э_1 = P_1(t), Э_1 = P_1(t)$.

Интенсивности γ и μ рассчитываются с использованием выражений (3), (4)

$$\gamma(t) = \frac{2 l_1 \overline{V}_б P_o}{S}, \quad (3)$$

$$\mu(t) = \frac{\overline{V}_б}{l_3}, \quad (4)$$

где l_1 – размер поля зрения оптико-электронных средств перпендикулярного направлению полета БпЛА, $\overline{V}_б$ – математическое ожидание относительной скорости БпЛА по отношению к объекту, определяемое выражением вида (5) [1]

$$\overline{V}_б \approx \frac{V_б^2 - V_o^2}{V_б - V_o} + 3\sqrt{V_б V_0}, \quad (5)$$

где $V_б$ – крейсерская скорость движения БпЛА, V_0 – скорость движения объекта, P_0 – вероятность того, что с попавшим в зону обнаружения оптико-электронных средств БпЛА будет установлен контакт

$$P_0 = 1 - exp\left(-0,015(\frac{l_2 f}{R h_{пол}} - 1) \left\lceil \frac{2 \frac{l_2}{2 h_{пол} \cos(\alpha) \sin\left(\frac{\alpha_в}{2}\right)}}{\sin\left(\alpha - \frac{\alpha_в}{2}\right) \sin\left(\alpha + \frac{\alpha_в}{2}\right)} \right\rceil \left\lceil \frac{l_3}{V_б} \right\rceil \tau \right), \quad (6)$$

l_2 – линейные размеры объекта поиска по направлению полета БпЛА, f – фокусное расстояние объектива оптико-электронном средства, установленного на БпЛА, R – линейное разрешение оптико-электронного средства на местности, $h_{пол}$ – высота полета БпЛА, α – угол визирования оптико-электронного средства, $\alpha_в$ – вертикальный угол поля зрения объектива оптико-электронного средства; l_3 – размер проекции поля зрения оптико-электронных средств по направлению полета, τ – скорость съемки (частота кадров).

3. Численное исследование математической модели

Проведем численное исследование математической модели применительно к БпЛА Phanton 3 Professional [3], так как данный летательный аппарат наиболее часто используется в в штате подразделений ведомственной охраны. БпЛА состоит из непосредственно летательного аппарата, видеокамеры и пульта дистанционного управления. Основные технические характеристики БпЛА [4]: γ

– беспилотный летательный аппарат: максимальная скорость полета 16 метров в секунду (~60 километров в час); максимальное время полета ~ 23 минуты; максимальная высота полета 6000 метров; дальность передачи видеосигнала до 2000 метров; подвес обеспечивает охват с углом наклона от -90 до 30̊;

– видеокамеры: оптика EXMOR 1/2,3”; эффективные пиксели 12,4 млн. (всего пикселей 12,76 млн.); объектив с углом обзора 94̊; фокусное расстояние 20 миллиметров; эквивалентный формат 35 миллиметров

f /2,8; максимальный размер изображения 4000x3000; режим видеосъемки FHD: 1920x1020p 24/25/30/48/50/60 fps.

В качестве объекта поиска выберем человека, площадь поперечного сечения которого описывается овалом длина и ширина которого составляют соответственно 0,75 и 0,5 метров. Район поиска представим в виде квадрата со сторонами 2000 метров, исходя из дальности передачи видеосигнала. Диапазон скоростей полета БпЛА 40, 60 километров в час. Высоты полета БпЛА 200, 500 метров, угол визирования 20°. Особенности поиска – при контакте расчета БпЛА с объектом, скорость перемещения летательного аппарата поддерживается такой, чтобы она обеспечивала постоянный контакт с объектом, в этом случае $\mu = 0$. Результаты численного эксперимента представлены на рис. 2. Характеристика 1 соответствует параметрам: $P_1(t),\ h_{пол} = 200м,\ V_б = 40км/ч,\ \gamma = 5\times10^{-4}$; соответственно характеристика 2 – $P_2(t),\ h_{пол} = 200м,\ V_б = 40км/ч,\ \gamma = 5\times10^{-4}$; характеристика 3 – $P_1(t),\ h_{пол} = 200м,\ V_б = 60км/ч,\ \gamma = 9\times10^{-4}$; характеристика 4 – $P_2(t),\ h_{пол} = 200м,\ V_б = 60км/ч,\ \gamma = 9\times10^{-4}$; характеристика 5 – $P_1(t),\ h_{пол} = 500м,\ V_б = 60км/ч,\ \gamma = 2.5\times10^{-3}$; характеристика 6 – $P_2(t),\ h_{пол} = 500м,\ V_б = 60км/ч,\ \gamma = 2.5\times10^{-3}$.

Анализ полученных результатов показывает, что вероятность поддержания контакта расчетом БпЛА с объектом зависит от интенсивности поиска, высоты полета и скорости БпЛА. В диапазоне исследуемых высот и скоростей полета БпЛА вероятность $P_0 = 1.0$. В этом случае рост эффективности пропорционален росту увеличение интенсивности поиска, высоты полета и скорости БпЛА. Натурные исследования показали результаты близкие к расчетным, что указывает на адекватность математической модели.

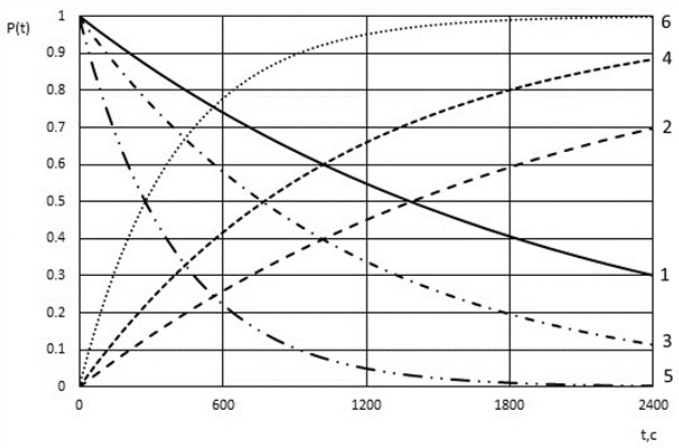


Рис. 2. Зависимости эффективности слежения расчета БпЛА за объектом в зависимости от скорости, высоты полета и интенсивности интенсивность поиска

Заключение

Таким образом, получена математическая модель слежения расчета комплекса с беспилотным летательным аппаратом за объектом с использование оптико-электронных средств наблюдения. Модель может быть реализована с использованием программ высокого уровня. Результаты моделирования целесообразно использовать при планировании работ охранных ведомственных подразделений.

Список литературы

1. Тищенко, А. И. Математическая модель вероятности обнаружения точечной цели оператором полезной нагрузки оптико-электронной БпЛА / А. И. Тищенко, С. П. Артыщенко // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. – 2020. – №13(3). – С.328-333.

2. Волгин, Н. С. Исследование операций : учебник. Ч.2, / Н. С. Волгин; С. П. : ВМА,1999. – 334 с.

3. Поисково-спасательные работы при помощи беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://fireman.club/statyi-polzovateley/poiskovo-spasatelnyih-rabotyi-pri-pomoshhi-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov

4. Обзор квадрокоптера DJI Phanton 3 Professional. [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://mirquadrocopterov.ru/populyarnye-modeli/universalnye-drony/obzor-dji-phantom-3-professional.html

Модифицированное отображение Эно с гистерезисной нелинейностью

А. В. Толкачев[1,2], email: tolkachev.akim@mail.ru

[1]Воронежский государственный университет
[2]Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова

Аннотация. *В статье исследуется динамика и управление для модифицированного отображения Эно с учетом гистерезисного элемента, который формализуется с помощью конструктивной модели Прейзаха. Проведен сравнительный анализ для хаотического режима с помощью бифуркационной диаграммы и старшего показателя Ляпунова. Идентифицирована область для параметра отображения с хаотическим динамическим режимом. Отмечена регуляризирующая роль гистерезисного элемента в модифицированной системе по сравнению с классическим отображением.*

Ключевые слова: *нелинейность, хаос, отображение Эно, гистерезис, модель Прейсаха.*

Введение

Для описания различных физических явлений, как правило, используют линейные или квазилинейные модели. Такой подход является достаточно простым и наглядным, но не всегда адекватным методом моделирования современных физических и технических систем. В рамках линейной парадигмы происходит декомпозиция исходной системы на ряд простых подсистем, влияние которых на совокупную динамику может быть учтено изолировано. Однако, в последнее время, стало понятно, что допущение о линейности модели приводит к потере важных качественных характеристик исследуемых явлений. Поэтому, в современной науке все большую роль играют нелинейные модели, так как большинство практически важных явлений протекают в нелинейной области.

Известно, что в случае нелинейной системы совокупность ее частей не определяет в полной мере особенности динамики и эволюции такой системы. Нелинейность проявляется в образовании новых структур, которые являются временно или пространственно когерентными. Эти новые структуры представляют собой достаточно большие объекты, обладающие уникальными свойствами.

© Толкачев А.В., 2021

Детерминированный хаос – одно из ключевых направлений исследований, связанных с нелинейными явлениями [1]. Такие динамические системы обладают отличительным свойством, которое состоит в том, что для них невозможно предсказать поведение. Чувствительная зависимость от начальных условий приводит к экспоненциальному росту ошибок, что делает предсказание в будущие моменты времени математически невозможным за пределами определенного характерного (ляпуновского) времени. На сегодня, особенно популярным, стало исследовать хаотические системы с дискретным временем из-за их простоты при моделировании, в отличие от соответствующим им системам с непрерывным временем.

Еще одним из примеров нелинейных явлений, играющих значительную роль в современных исследованиях, является гистерезис. Математическая теория систем с гистерезисом, трактует гистерезисные нелинейности как операторы или преобразователи с пространствами состояний. Наиболее полно конструктивные модели гистерезисных преобразователей, трактуемых как операторы, зависящие от своего начального состояния как от параметра и определенные на широком функциональном пространстве (например, на пространстве непрерывных функций или функций ограниченной вариации), изложены в монографии Красносельского М. А. и Покровского А. В [2].

В настоящей работе проводится сравнительный анализ хаотической системы с дискретным временем, известной под названием отображение Эно [3] и её модификации с гистерезисной нелинейностью, формализуемой посредством модели Прейзаха [4].

1. Отображение Эно с гистерезисной нелинейность Прейзаха

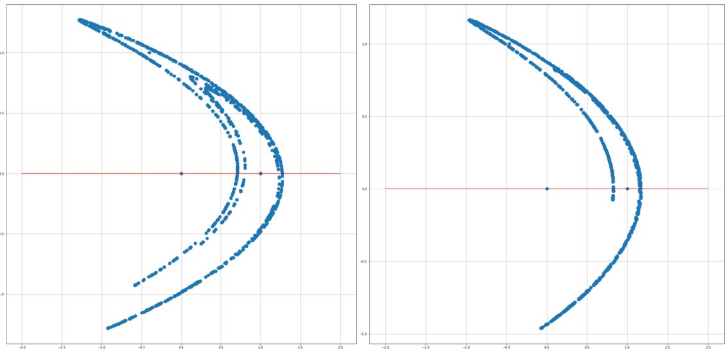
Рассмотрим пример динамической системы с дискретным временем, обладающей странным аттрактором. Она может служить для описания динамики ряда простых физических систем, таких как частица, в вязкой среде под действием импульсных толчков, интенсивность которых зависит от координаты. Такую систему еще называют отображением Эно и записывают в следующем виде: (по подробней)

$$\begin{cases} x(n+1) = 1 - a \cdot x^2(n) - b \cdot y(n), \\ y(n+1) = x(n), \end{cases} \tag{1}$$

где a и b некоторые параметры.

Отображение Эно чувствительно к значениям параметров. При варьировании этих величин, динамика отображения имеет различные режимы. Например, для хаотического режима параметры принемают

значения $(a,b)=(1.4;\ -0.3)$. На рис.1 изображен аттрактор для этих значений.



а б

а – без учета гистерезисной нелинейности, б – с учетом гистерезисной нелинейности

Рис. 1. Аттрактор Эно при значениях параметров $a=1.4$ и $b=-0.3$.

Если в физической. системе присутствует гистерезисное. трение (например движение ферромагнитного шарика в магнитном поле), то отображение модифицируется и для первого уравнения в системе (1) добавляется гистерезисное слагаемое $out(n)$, который формализуем с помощью конструктивной модели Прейзаха или нелинейности. В этом случае исходная система примет следующий вид:

$$\begin{cases} x(n+1)=1-a\cdot x^2(n)-b\cdot y(n)-out(n), \\ y(n+1)=x(n). \end{cases} \qquad (2)$$

Для нее определяют соотношение

$$out(n)\Big|_{\tau=n}=\hat{\Gamma}\,inp(\tau)\Big|_{\tau\in(0;1)}=\iint\limits_{\alpha>\beta}\mu(\alpha,\beta)\hat{\gamma}_{\alpha,\beta}\left[\tau_0,\eta_0(\alpha,\beta)\right]inp(\tau)\Big|_{\tau\in(0;1)}\,d\alpha d\beta,$$

где принимает значения в интервале $\tau\in(0;1)$ и при этом $\tau\geq\tau_0$.

В соотношении $\hat{\Gamma}$ понимается, как гистерезисный оператор у которого имеется переменный от времени τ вход

$$inp(\tau)\Big|_{\tau\in(0;1)}=x(n-1)+\big(x(n)-x(n-1)\big)\cdot\tau,$$

и переменный от времени выход

$$out(n)\Big|_{\tau=n} = \hat{\Gamma}\, inp(\tau)\Big|_{\tau\in(0;1)} .$$

Для оператора $\hat{\Gamma}$ также должна быть определена скалярная весовая функция $\mu(\alpha,\beta)$ и η_0 – начальное состояние неидеального реле. В этом же равенстве $\hat{\gamma}_{\alpha,\beta}$ – оператор неидеального реле, у которого имеются пороговые числа α и β для состояний при $t \geq t_0$ и $\alpha > \beta$ [5].

2. Описание условий численных экспериментов и обсуждение результатов

Учет гистерезиса в системе должен привести к изменениям динамических режимов и возможности управления этими режимами. Для примера, рассмотрим случай, когда в динамике учитывается гистерезисная нелинейность, тогда для системы (2), аттрактор примет вид как на рис.1. б. На нем видно, что учет гистерезиса приводит к заметным отличиям аттракторов при одних и тех же значениях параметров $(a,b) = (1.4;\ -0.3)$.

Ранее на рис.1 демонстрировался аттрактор, свойственный для исследуемого отображения (1), который был построен с помощью интегрированной среды разработки Jupyter Notebook с помощью языка программирования Python используя соотношения (1) и (2) при $n = 1000$ итерациях. Гистерезисная нелинейность Прейзаха в (2) аппроксимировалась дискретным аналогом с 101 гистероном. Пороговые числа α,β рассматривались на интервале $(-1;\ 1)$ с шагом $h = 0.02$.

Используя эти параметры, исследуем динамику системы Эно, в условиях нелинейности Прейзаха и без нее. Для данного двумерного точечного отображения допускается метод бифуркационных диаграмм. Этот метод наглядно интенсифицирует хаос, однако, не считается точным. Для этого смоделируем динамику при различных сочетаниях параметра $a \in [0;\ 1.4]$ с постоянным параметром $b = -0.3$. И отобразим поточечно на плоскости $(a, x(n))$, как на рис.2.

Для каждых, из этого множества сочетаний параметров a с b так же можно рассчитать старший ляпуновский показатель Λ, используя метод Розенштейна, который реализован в модуле nolds для Python. Поскольку, в исследованиях детерминированного хаоса, расчет показателей Ляпунова считается самым объективным методом его идентификации (при $\Lambda > 0$), то уместно графически отобразить рассчитанный старший ляпуновский

показатель Λ на бифуркационною диаграмму. Это можно сделать посредствам другого модуля matplotlib. В результате численного моделирования были получены рис. 2 и рис. 3. Красным цветом на них обозначен показатель Λ, синим точки бифуркационной диаграммы.

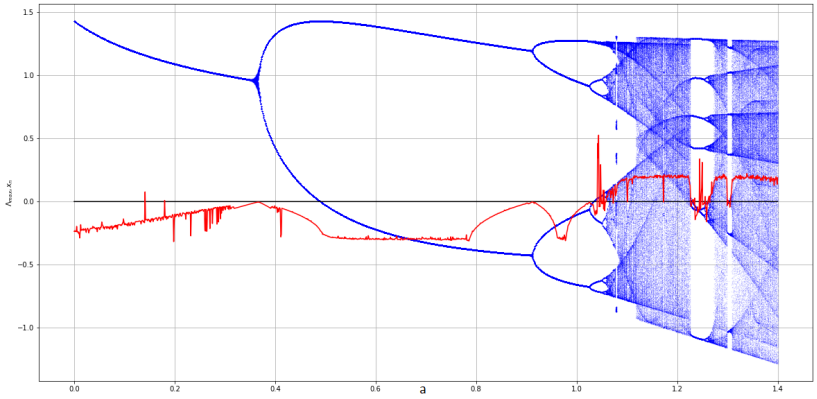


Рис. 2. Бифуркационная диаграмма (синий) и старший показатель Ляпунова Λ (красный) для отображения Эно без учета гистерезисной нелинейности (1).

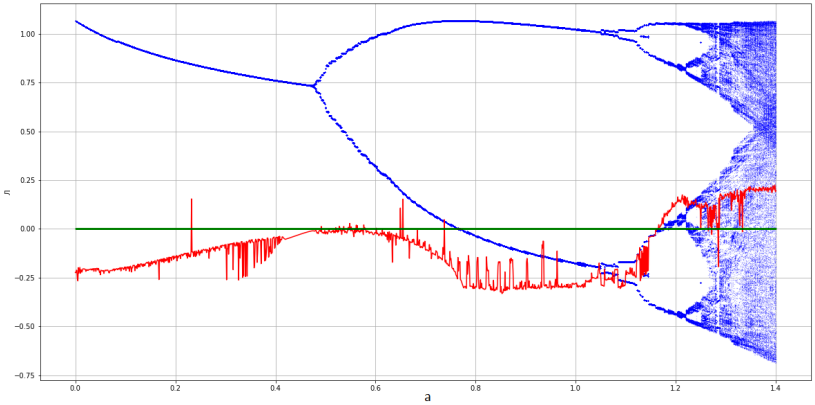


Рис. 3. Бифуркационная диаграмма (синий) и старший показатель Ляпунова Λ (красный) для отображения Эно с учетом гистерезисной нелинейности (2).

В итоге, видно (рис. 3), что наличие гистерезисной нелинейности в системе приводит к существенным изменениям её динамики. Например, в рис.2 видна реализация различных режимов с ростом параметра $a \in (1.16;\ 1.4)$. При $\Lambda = 0$ происходит смена периода 2 колебаний и реализация 4, 8, а затем последовательность бифуркаций удвоения периода. На рис. 3 уже заметна регуляризация и уменьшение области у параметра a, при котором идентифицируется хаос ($\Lambda > 0$). За счёт чего, увеличивается область для других режимов: стационарных, периодических и квазипериодических в интервале $a \in (0{,}1;\ 16)$. И последовательность бифуркаций удвоения периода начинается при больших значениях параметра a. А смена режима с периодом 2 происходит при большом значении $a > 0.4$ чем на рис 2. Так же и для других режимов.

Заключение

В работе исследована модель двумерного отображения Эно с гистерезисной нелинейностью, формализованная при помощи оператора Прейзаха. При проведении сравнительного анализа модифицированного и классического отображения Эно, было установлено, что наличие гистерезисной нелинейности, приводит к регуляризации динамики и увеличению области значений параметра a, для которых характерны отличные от хаоса динамические режимы.

Реализован скрипт на языке программирования Python для расчета и визуализации полученных данных при моделировании динамики исследуемой нелинейной системы.

Список литературы

1. Scott, A. C. A The Nonlinear Universe: Chaos; Emergence; Life / A. C. Scott – Spinger, 2007. – 271 p.
2. Красносельский, М.А. Системы с гистерезисом / М.А. Красносельский, А.В. Покровский. – Москва: Наука, 1983. – 272 с.
3. С. П. Кузнецов Динамический хаос (курс лекций) / С. П. Кузнецов – ФИЗМАТЛИТ, 201 – 295 с.
4. Красносельский А. М. Покровский, А. В., Диссипативность нерезонансного маятника с ферромагнитным трением / А. М. Красносельский, А. В. Покровский // Автомат. и телемех. – 2006– выпуск 2. – С. 57–69
5. Mayergoyz I. D. Mathematical Models of Hysteresis / I. D. Mayergoyz. – Spinger, 1991. – 207 p., https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3028-1.

Модель исследования характеристик излучения многолучевых антенных решеток с учетом влияния интермодуляционных помех

Усков А.В., e-mail: sc79@mail.ru[1]

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Получены аналитические соотношения для определения характеристик излучения многолучевых антенных решеток при одновременном формировании нескольких лучей на различных несущих частотах. Выявлены основные зависимости (закономерности).*

Ключевые слова: *многолучевая антенная решетка, многочастотный режим, диаграмма направленности.*

Введение

Расширение информационных возможностей средств и систем радиолокации, навигации, связи и радиоподавления в значительной степени достигается за счет увеличения числа каналов передачи (получения) информации. Реализация метода частотного разделения при нелинейности усилительных трактов передатчиков может сопровождаться проявлением перекрестных (интермодуляционных) помех существенным ухудшением электромагнитной совместимости РЭС. Целью статьи является определение характеристик излучения антенных решеток (АР) на интермодуляционных частотах при независимом формировании нескольких лучей на различных несущих частотах.

1. Модель исследования характеристик излучения многолучевых антенных решеток

Решение задачи проведем для случая формирования трех частотных каналов и от одного до трех пространственных каналов.

Известно [1], что при усилении трех гармонических сигналов с частотами $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ в тракте с выраженной нелинейностью амплитудной характеристики проявляются не менее шести перекрестных частот (ИМИ-31) $2\omega_3 - \omega_1, 2\omega_2 - \omega_3, 2\omega_3 - \omega_2$ и три перекрестные частоты (ИМИ-32) $\omega_1 + \omega_2 - \omega_3$, $\omega_1 - \omega_2 + \omega_3$,

© Усков А.В., 2021

$-\omega_1+\omega_2+\omega_3$. Таким образом, имеют место $j=\overline{1,9}$ продуктов взаимной модуляции. Продукты пятого порядка вида $3\omega_i-2\omega_j$ и аналогичные (ИМИ-5) не учитываем, так как их уровень существенно меньше, чем уровень мощности продуктов ИМИ-3.

Задачу рассмотрим применительно к антенной решетке (АР), состоящей из n излучающих модулей в составе усилителя с нелинейной характеристикой и излучателя. Будем полагать, что для сигналов на частотах ω_i, $i=\overline{1,3}$ амплитуды $u_i(n)$ входных сигналов модулей, задающих на раскрыве излучателя амплитудное распределение типа «косинус квадрат на пьедестале» [2], являются идентичными $u_i(n)=u(n)$ и определяются выражением

$$u_i(n)=u(n)=u_{\text{вх}}A(n) \tag{1}$$

где $A(n)$ – нормированное амплитудное распределение на раскрыве МЛАР; $u_{\text{вх}}$ – амплитуда основных сигналов на входе модулей МЛАР при равномерном амплитудном распределении.

Фазовое распределение обеспечивает отклонение максимума главного лепестка для сигнала на частоте ω_i на угол α_i относительно нормали к АР, что соответствует требуемым фазам сигнала i-й частоты на входе n-го элемента АР (по отношению к первому)

$$\varphi_j(n)=\frac{\omega_i}{c}dn\sin\alpha_i \tag{2}$$

где d – межэлементное расстояние; c – скорость света.

В результате нелинейного преобразования в усилителях модулей МЛАР на раскрыве МЛАР для каждой $j=\overline{1,9}$ интермодуляционной частоты третьего порядка будет сформировано некоторое амплитудное $y_j(n)$ и фазовое $\beta_j(n)$ распределение.

В общем случае амплитуды $y_j(n)$ интермодуляционных продуктов определяются как

$$y_j(n)=f_j(\mathbf{a},u_{\text{вх}}) \tag{3}$$

где $\mathbf{a}$ – вектор параметров, определяющих передаточную характеристику $E(u)$ мгновенных значений усилителя модуля МЛАР; $f_j(\mathbf{a},u_{\text{вх}})=\begin{cases}F_1(\mathbf{a},3/2u^2(n)),\ j=1,6\\ F_2(\mathbf{a},3/2u^2(n)),\ j=7,9\end{cases}$ – функции, определяющие

зависимости амплитуд интермодуляционных компонент от мощности суммарного сигнала на входе усилителя; $F_{1(2)}(\mathbf{a}, P_{\Sigma n})$ – функции, определяющие зависимости амплитуд интермодуляционных продуктов ИМИ-31 (ИМИ-32) от средней мощности суммарного сигнала $P_{\Sigma n} = 3/2u^2(n)$ – на входе n-го модуля МЛАР.

Фазы $\beta_j(n)$ интермодуляционных продуктов на выходе усилителя n-го канала АР будут представлять собой линейную комбинацию фаз основных частот и выразятся как

$$\beta_j(n) = \sum_{i=1}^{3} b_{ij}\varphi_j(n) = \frac{dn}{c}\sum_{i=1}^{3} b_{ij}\omega_i \sin\alpha_i \qquad (4)$$

где $b = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & 0 & 2 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 2 & -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ – матрица коэффициентов, определяющих частоты и фазы нелинейных продуктов.

Как видно из (4), получающиеся для нелинейных продуктов фазовые распределения $\beta_j(n)$ имеют регулярный характер. Угол $\alpha_{кj}$ отклонения максимума диаграммы направленности на интермодуляционной частоте $\omega_{кj} = \sum_{i=1}^{3} b_{ij}\omega_i$ соответствует уравнению $\beta_j(n) = \frac{\omega_{кj}}{c} dn \sin\alpha_{кj}$.

Приравнивая правые части и выражая $\alpha_{кj}$, получим

$$\alpha_{кj} = \arcsin\frac{\sum_{i=1}^{3} b_{ij}\omega_i \sin\alpha_i}{\sum_{i=1}^{3} b_{ij}\omega_i} \qquad (5)$$

Из (5) следует, что угол отклонения максимума диаграммы направленности (ДН) на каждой из интермодуляционных частот сложным образом зависит от основных частот и направлений максимумов соответствующих лучей и не зависит от геометрических параметров решетки (числа излучателей и межмодульного расстояния).

2. Результаты моделирования и основные закономерности

Анализ полученных зависимостей позволил выявить некоторые закономерности:

при излучении всех сигналов в одном направлении, максимумы перекрестных частот третьего порядка расположены также в этом же направлении;

при симметричном положении максимумов главных лепестков ДН на двух основных частотах относительно нормали к решетке и произвольном положении максимума ДН на третьей частоте главный лепесток на частоте ИМИ-32 отклонен от нормали на ту же величину, что и главный лепесток на частоте, но в противоположном направлении;

при несимметричном положении максимумов главных лепестков ДН на двух основных частотах относительно нормали к решетке строгая симметрия нарушается, однако общая закономерность в расположении лучей на интермодуляционных частотах сохраняется.

Заключение

Выявленные закономерности относительно расположения максимумов главных лепестков ДН на интермодуляционных частотах свидетельствуют о возможности уменьшения уровня перекрестных помех в системах связи с пространственным и частотным разнесением каналов на базе МЛАР в том числе за счет соответствующего выбора несущих частот.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе эффективности функционирования систем связи с пространственно-частотным разделением каналов и оценке электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

Список литературы

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст]: учеб. пособие для студ. вузов – 5-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2006. – 717 с.

2. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. Учебник для студентов радиотехнических специальностей вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1975. – 528 с.

Применение средств моделирования при проектировании комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности экипажа

А. П. Фарина, email: farinaandrejj@rambler.ru
С. В. Кучевский, email: faust2@bk.ru
В. В. Онуфриенко, email: OVV372@mail.ru

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

Аннотация. *В данной работе представлена методика для осуществления моделирования опасного воздействия факторов перегрузки и изменения давления на экипаж ВС с целью своевременного определения развития опасных ситуации в полете.*

Ключевые слова: *воздушное судно, герметическая кабина, системы обеспечения безопасности жизнедеятельности, перегрузка, изменение давления.*

Введение

Современные истребители, стоящие на вооружении в ВКС России предназначены для завоевания воздушного пространства, посредством применения свойств маневренности. Выполнение интенсивного маневрирования приводит к воздействию на экипаж воздушного судна (ВС) комплекса неблагоприятных факторов полета, которые влекут за собой рост сложности и напряженности деятельности экипажа при выполнении полетных заданий.

Анализ работ в области обеспечения безопасности полетов, связанных с опасностью влияния вредных факторов на экипаж ВС показывает, что воздействие перегрузок и резких изменений высоты полета, приводит к снижению эффективности выполнения полетного задания [1-3]. Предлагается расчет основных показателей комплексной системы обеспечения жизнедеятельности экипажа истребителя при осуществлении прогнозирования полета по изменению положения ручки управления самолетом. Предложенная методика позволит произвести расчет требуемого давления в кабине ВС, а также сформировать оптимальный закон регулирования давления в камерах противоперегрузочного костюма.

© Фарина А. П., Кучевский С. В., Онуфриенко В. В., 2021

1. Методика формирования давления в герметической кабине ВС

Для достижения цели по уменьшению ошибки регулирования необходимо ввести критерий ошибки в виде интеграла на отрезке времени $t_0 \le t \le t_1$:

$$\Delta\delta = \int_{t_0}^{t_1} [P_к^{выч.}(t) - P_к^{прог.}(t)]^2 \partial t \to \min, \qquad (1)$$

где t_0, t_1 – интервал регулирования.

Решение (1) предполагает представление системы уравнений (2), решение которой приводит к управлению проходным сечением клапанов регулятора подачи и регулятора давления с учетом вертикальной скорости полета V_y:

$$\begin{cases} F_П \left\{ 2(P_{к0}^{выч.} - P_{к0}^{прог.}) + (G + \alpha V_y P_{к0}^{прог.})(t + t_1 - 2t_0) \right\}, \\ F_Д \left\{ 2(P_{к0}^{выч.} - P_{к0}^{прог.}) + (G + \alpha V_y P_{к0}^{прог.})(t + t_1 - 2t_0) \right\}. \end{cases} \qquad (2)$$

Полученная модель (2) отражает процесс регулирования давления воздуха в герметической кабине (ГК) путем изменения площади проходного сечения клапанов с учетом вертикальной скорости полета.

Управление давлением с прогнозированием по РУС осуществляется в соответствии с представленным алгоритмом на рис. 1.

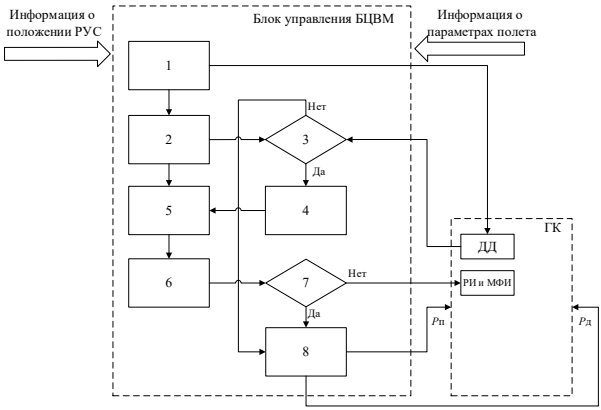


Рис. 1. Алгоритм регулирования давления воздуха в ГК при критических режимах полета

где 1 – блок контроля интервала моделирования, 2 – блок регулирования давления по изменению положения ручки управления самолетом (РУС), 3 – блок контроля и сравнения измеренного значения $P_к(t_i)$ с требуемым $P_{ктреб}(t_i)$, при вычисленной высоте полета $H_{выч}$, 4 – блок вычисления необходимой расчетной скорости изменения давления в кабине за интервал вычисления, 5 – блок расчета рассогласования давления; 6 – блок расчета требуемого количества воздуха $G_{треб}$, 7 – блок сравнения требуемого количества $G_{треб}$ и максимально возможного воздуха $G_{макс}$, 8 – блок формирования управляющих сигналов изменения заслонок регулятора подачи $F_П$ и на регулятора давления $F_Д$, ДД – датчик давления, предназначенный для измерения текущего давления в ГК, РИ и МФИ – речевой информатор и многофункциональный индикатор осуществляющий информирование летчика о разгерметизации и необходимости снижения на безопасную высоту.

Для описания пространственного движения самолета используется уравнение [4]:

$$\begin{aligned}
&\Delta\dot{W}_x = \Delta\dot{V}_x = -a_x^V\Delta V - a_x^{\alpha}\Delta\alpha + a_x^H\Delta H - g\Delta\vartheta + \Delta P m^{-1};\\
&\Delta\dot{W}_y = \Delta\dot{V}_y = a_y^V\Delta V + a_y^{\alpha}\Delta\alpha - a_y^H\Delta H - V_0\Delta\omega_z + a_y^{\varphi}\Delta\varphi;\\
&\Delta\dot{W}_z = \Delta\dot{V}_z = -a_z^{\beta}\Delta\beta + g\Delta\gamma + V_0\Delta\omega_y - a_z^{\delta_н}\Delta\delta_H;\\
&\Delta\dot{\omega}_x = -a_{mx}^{\beta}\Delta\beta - a_{mx}^{\omega_x}\Delta\omega_x - a_{mx}^{\omega_x}\Delta\omega_y - a_{mx}^{\delta_н}\Delta\delta_H - a_{mx}^{\delta_э}\Delta\delta_э;\\
&\Delta\dot{\omega}_y = -a_{my}^{\beta}\Delta\beta - a_{my}^{\omega_x}\Delta\omega_x - a_{my}^{\omega y}\Delta\omega_y - a_{my}^{\delta_н}\Delta\delta_H;\\
&\Delta\dot{\omega}_z = -a_{mz}^{\alpha}\Delta\alpha - a_{mz}^{\dot{\alpha}}\Delta\dot{\alpha} - a_{mz}^{\omega_z}\Delta\omega_z - a_{mz}^{\varphi}\Delta\varphi,
\end{aligned} \qquad (3)$$

Применяя выражение (3) в соответствии с алгоритмом функционирования блока 1 вычисляются значения изменения высоты $H^{выч}$ и вертикальной скорости полета $V_y^{выч}$ через $T_{Низм.}$ – время максимальной вертикальной скорости изменения высоты $H^{выч}$:

$$
\begin{aligned}
&\dot{V} + a_x^V V + a_x^\Theta \Theta + a_x^\alpha \alpha + a_x^H H = a_x^{\delta_P} \delta_P;\\
&\dot{\Theta} + a_y^V V + a_y^\Theta \Theta + a_y^\alpha \alpha + a_y^H H = 0;\\
&\dot{\omega}_z + a_{mz}^V V + a_{mz}^\Theta \Theta + a_{mz}^{\overline{\omega}_z} \omega_z + a_{mz}^\alpha \alpha + a_{mz}^H H = a_{mz}^{\delta_B} \delta_B;\\
&\dot{\alpha} - a_y^V V - a_y^\Theta \Theta - \omega_z - a_y^\alpha \alpha - a_y^H H = 0;\\
&\dot{H} + a_H^V V + a_H^\Theta \Theta = 0.
\end{aligned}
\qquad (4)
$$

Математическая модель получена в многофункциональной интегрированной среде MATLAB 7.11.0+Simulink R14 (FlightSim 2013). Для подтверждения адекватности полученной математической модели проводился ряд численных экспериментов. Использовались записи параметров полета бортовой системы регистрации «Тестер – У3, сер. 3» самолета Су-35, обработанные с помощью автоматизированной системы «СКАТ».

Цель эксперимента заключалась в определении различий значений высоты и атмосферного давления на этой высоте, которые были получены в результате моделирования.

Полученные результаты математического моделирования представлены на рис. 2.

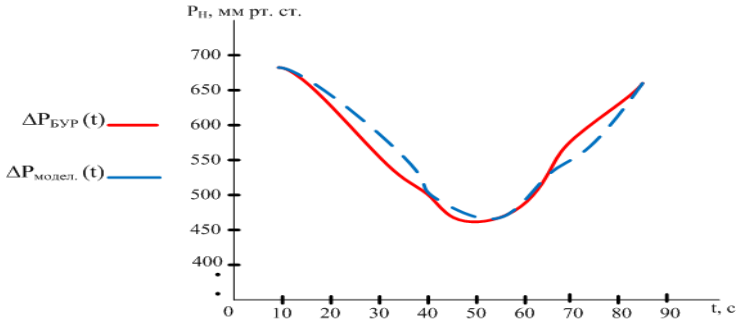


Рис. 2. Разница между действительными полетными и смоделированными значениями

Произведя анализ результатов моделирования получаем вывод о том, что модель продольного движения ВС, а соответственно, изменение высоты полета и его атмосферное давление, не значительно отличается по сравнению с реальным полетом, то есть, результаты эксперимента удовлетворяют точностным критериям.

Полученные результаты анализа подтверждают, что выбранная математическая модель является адекватной, и позволяет проводить оценку существующих средств регулирования давления на ВС.

Основываясь на зависимости $P_H = f(H)$ [5], получим давление на прогнозируемой высоте P_H. Имея данные о вычисленном и программном давлении, применив алгоритм, представленный на рисунке 5, получим выражение (2) для расчета проходных сечений клапана подачи и клапана регулирования давления $F_П, F_Д$.

Для обеспечения надежной защиты экипажа истребителя от положительных вертикальных перегрузок маневрирования с большой скоростью нарастания необходимо разработать оптимальные алгоритмы регулирования давления в камерах ППК, обеспечивающие минимум ошибки создания программного давления. Соответственно, необходимо ввести критерий минимума ошибки создания программного давления в виде целевого функционала [5]:

$$J = \int_{t_0}^{t_1} q\ [P_{ППК}^{тек.}(t) - P_{ППК}^{прог.}(t)]^2\, dt \to \min, , \qquad (5)$$

где $P_{ППК}^{прог.}(t)$ – программное давление в камерах ППК, формируемое с учетом медико-технических требований обеспечения безопасности членов экипажа в экстремальных условиях маневренного полета;

$P_{ППК}^{тек.}$ - текущее (истинное) давление в камерах ППК;

$\delta P_{ППК}(t) = P_{ППК}^{тек.}(t) - P_{ППК}^{прог.}(t)$ – отклонение фактического давления от программного давления, q – нормирующий коэффициент.

В соответствии с представленной на рисунке 1 структурной схемой комплексной системы жизнеобеспечения экипажа маневренного воздушного судна предлагается методика регулирования давления по прогнозируемым значениям вертикальной перегрузки по отклонению РУС, которая обеспечит повышение точности регулирования давления воздуха в камерах ППК в условиях интенсивного боевого маневрирования с учетом медико-технических требований обеспечения безопасности экипажа в экстремальных условиях полета.

Отличительной особенностью методики является формирование оптимального управления давлением в камерах ППК по прогнозируемым значениям вертикальной перегрузки с учетом осредненного значения предельно – допустимой перегрузки, обеспечивающего минимум ошибки создания программного давления. Для достижения поставленной задачи предлагается методика:

2. Восстановление на борту ВС траектории осредненного значения предельно-допустимой вертикальной перегрузки маневрирования.

Устойчивость экипажа к перегрузке определяется скоростью ее изменения. Для различных категорий летных экипажей путем проведения экспериментов на центрифуге были определены осредненные значения предельно – допустимой вертикальной перегрузки маневрирования $n_y^{n\partial}(t)$, которые проявлялись в виде нарушения функций зрения («серая» или «черная пелена») (рис. 3) [6].

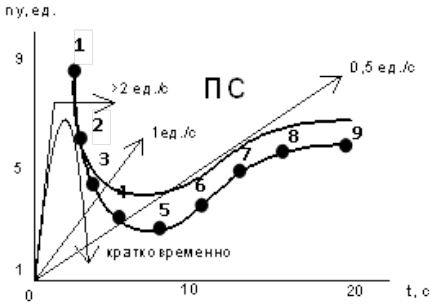


Рис. 3. Зависимость переносимости летчиком перегрузки $+n_y$

В зависимости от скорости изменения перегрузки реакция организма человека отличается: при большой скорости изменения (2 ед./с и больше) возникает опасность внезапной потери сознания, не сопровождающейся «серой» и «черной пеленой», при постепенной (0.5 ед./с) или умеренной (1 ед./с) скорости нарастания перегрузки $+n_y$ наблюдаются визуальные симптомы «серая пелена», а затем и «черная пелена», предупреждающие об опасности наступления потери сознания [6].

Для решения задачи по восстановлению траектории предельно-допустимой вертикальной перегрузки по узловым значениям используем метод кубической сплайн интерполяции функции по узловым точкам, позволяющий с точностью определять промежуточные значения $n_y^{n\partial}(t)$ в реальном масштабе времени [7].

$$S(n_y^{n\partial}(t_k)) = n_y^{n\partial}(1-\tau)^2(1+2\tau) + n_y^{n\partial}(t_{k+1})\tau^2(3-\tau) + \\ + m_k h_k \tau(1-\tau)^2 + m_{k+1} h_k \tau^2(1-\tau), \quad (6)$$

где $t_k = t_0 + kT$ – узлы сетки интерполирования: k=0,1,...,N; $T=1/f$, t_0=2;

f = 32 Гц – частота опроса датчика перегрузки;

h_k – шаг интерполирования: $h_к = t_{к+1} - t_к$;

$\tau = (t - t_к) / h_к$;

$m_к = \&(n_y^{по}, t_к)$.

3. Формирование прогнозируемых значений перегрузки по отклонению РУС.

Для решения данной задачи используется математическая модель (ММ) продольного короткопериодического движения маневренного самолета [4]:

$$\begin{cases} T_ф \Delta\dot{\varphi}_z(t) + \Delta\varphi_z(t) = k_ш X_в(t) \\ \Delta\ddot{\omega}_z(t) + 2\xi\omega_\alpha \Delta\dot{\omega}_z(t) + \omega_\alpha^2 \Delta\omega_z(t) = \\ \qquad = -k_{\omega_z}^{\varphi_z} \omega_\alpha^2 T_\theta \dot{\varphi}_z(t) - k_{\omega_z}^{\varphi_z} \omega_\alpha^2 \Delta\varphi_z(t); \\ \Delta\ddot{n}_y(t) + 2\xi\omega_\alpha \Delta\dot{n}_y(t) + \omega_\alpha^2 \Delta n_y(t) = -k_{n_y}^{\varphi_z} \omega_\alpha^2 \Delta\varphi_z(t); \\ n_y^{пр}(t) = n_y(t) + \dfrac{l_{каб}}{g} \dot{\omega}_z, \end{cases} \tag{7}$$

где $\Delta X_в(t)$ – приращение продольного отклонения РУС относительно балансировочного положения; $\Delta\varphi_z(t)$ – приращение отклонения стабилизатора (руля высоты); $n_y(t)$ - перегрузка, действующая на центр масс самолета; $\omega_z(t)$ – угловая скорость вращений самолета относительно оси OZ; $l_{каб}$ – расстояние от центра масс самолета до кабины летчика; $n_y^{пр}(t)$ – прогнозируемая вертикальная перегрузка, действующая на летчика.

Аэродинамические коэффициенты самолета, характеризующие ММ (7) описаны [4]. Решение системы уравнений (7) позволяет произвести прогноз значения вертикальной перегрузки, действующей на экипаж, по отклонению РУС на время 0,5 – 1,5 с (в зависимости от режима полета). Полученный резерв времени используется для корректировки законов управления противоперегрузочной системы и системы кислородного питания, для предотвращения критических ситуаций при действии перегрузок.

4. Прогнозирование выхода вертикальной перегрузки на опасные значения.

Для решения задачи по прогнозированию достижения опасных значений вертикальной перегрузки разработан алгоритм, обеспечивающий возможность определения степени опасности перегрузки при использовании определенного типа противоперегрузочного костюма.

Алгоритм управления ППК представлен в виде [4]:

$$n_{y(ППК)}^{опас.} = \begin{cases} 0 & \text{при } \mathrm{n}_{\mathrm{y}}^{\mathrm{пр}} < \mathrm{n}_{\mathrm{y}}^{\mathrm{пд}} \wedge t_{n_y}^{*} > t_{нар.}^{ппк}; \\ 1 & \text{при } \mathrm{n}_{\mathrm{y}}^{\mathrm{пр}} \geq \mathrm{n}_{\mathrm{y}}^{\mathrm{пд}} \vee t_{n_y}^{*} < t_{нар.}^{ппк}, \end{cases} \quad (8)$$

где $t_{n_y}^{*}$ - время выхода перегрузки на максимальное значение; $t_{нар.}^{ппк}$ – время создания в камерах ППК программного давления, соответствующего прогнозируемой перегрузке.

Время $t_{нар.}^{ппк}$ определяется с учетом технических характеристик ППК:

$$t_{нар.}^{ппк} = \frac{P_k(n_y^{пр})}{\dot{P}_{ппк}\,\max}, \quad (9)$$

где $P_k(n_y^{пр})$ – программное давление в камерах ППК, соответствующее прогнозируемой перегрузке $n_y^{пр}$; $\dot{P}_{ппк}\,\max$ - максимальная скорость изменения давления газа в камерах ППК, определяется техническими характеристиками ППК (для ППК3-120 с автоматом давления АД-15 – $\dot{P}_{ппк}\,\max$ =265 мм рт. ст./с).

В случае, когда значение прогнозируемой по отклонению РУС вертикальной перегрузки $n_y^{пр}$ превышает допустимую перегрузку $n_y^{пд}$ или скорость создания давления в камерах ППК не достаточна для компенсации, в камерах ППК создается пропорционально вертикальная перегрузка $n_y^{пр}$.

5. Алгоритм наполнения камер ППК при прогнозировании опасной перегрузки.

Уменьшение запаздывания создания необходимого давления в камерах ППК при больших перегрузках или высоких скоростях их нарастания, осуществляется по прогнозным значениям перегрузки

$n_y^{пр}(t_k)$, алгоритм программных значений $P_{ппк}(n_y^{пр})$ описан выражением (10) [4]:

$$P_{ппк}(n_y^{пр}) = \begin{cases} P_{ппк0}, & \text{при } n_y^{пр} < n_{y\min}; \\ K_{n_y}^{ппк}\left(n_y - 2\right), & \text{при } n_{y\min} \le n_y^{пр} < n_{y\max}; \\ P_{\max}, & \text{при } n_{y\max} \le n_y^{пр}, \end{cases} \qquad (10)$$

где $P_{ппк}(n_y^{пр})$ - давление в камерах ППК, формируемое по прогнозируемым значениям вертикальной перегрузки; $K_{n_y}^{ппк} = \dfrac{\left(P_{\max} - P_{ппк0}\right)}{\left(n_{y\max} - n_{y\min}\right)}$ – коэффициент, определяющий оптимальный наклон характеристики $P_{ппк}(n_y^{пр})$ для всего диапазона эксплуатационных вертикальных перегрузок (для АД-15: $K_{n_y}^{ппк}$=94 мм рт.ст./ед.);

$P_{\max}$ – максимальное значение давления в камерах ППК (для ППК-3-120 составляет 0.9 кгс/см^2 (662 мм рт.ст.)); $n_{y\min}$ – максимальная перегрузка, переносимость которой обеспечивается при полном наддуве камер ППК (для ППК-3-120: $n_{y\min}$ = 9 ед.); $n_{y\min}$ - порог срабатывания АД по уровню перегрузки (для АД-15: $n_{y\min}$ =2 ед.).

Заключение

Таким образом, приведенная методика позволит повысить эффективность систем обеспечения жизнедеятельности экипажа, посредством уменьшения опасности воздействия факторов перегрузки на экипаж, контролем и регулированием изменения давления в кабине ВС и возможностью своевременного определения развития опасной ситуации в полете.

Список литературы

1. Дворников М. В., Чернуха В. Н., Матюшев Т. В. Медико-технические и эргономические проблемы обеспечения безопасности авиационных полетов // Проблемы безопасности полетов. 2014. – №6. – С. 13-19.

2. Кучевский С. В., Онуфриенко В. В., Шихвердиев Н. Н. Повышение устойчивости летчика к резким перепадам давления при маневрировании // Материалы научно-практической конференции

«Актуальные проблемы авиационной и космической медицины» – СПб.: ВМедА, 2018 г. С. 151-158.

3. Васильев П. В., Глод Г. Д. Функциональное состояние летчика в экстремальных условиях; под ред. В. А. Пономаренко, П. В. Васильева. М.: Полет, 1994. 127 с.

4. Красовский А.А. Системы автоматического управления летательных аппаратов. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1986. – 477 с.

5. Авиационные приборы и навигационные системы. / Под редакцией Бабича О.А. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1981. 418 с.

6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1984. – 832 с.

Особенности моделирования звеньев с ограничителями

Д. С. Феофилов, e-mail: fd19072002@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе представлена схема и алгоритм моделирования, позволяющие адекватно исследовать динамику реальных технических объектов, содержащих ограничители разного рода.*

Ключевые слова: *особенности моделирования, звенья с ограничителями, жесткий механический упор.*

Введение

Среди реальных технических объектов часто встречаются устройства, содержащие различного рода ограничители. В качестве примеров можно привести сервопривод с механическим ограничением выходной координаты, нейтральный электромагнит, ограничение по выходной мощности двигателя и т. д. С точки зрения теории управления объекты, содержащие ограничители, представляют собой существенно нелинейные системы специфического вида. В пространстве состояний такой системы можно выделить области, движения в которых описываются различными дифференциальными уравнениями. При этом необходимо различать типы ограничителей и обеспечивать их правильное моделирование. При переходе из одной области в другую фазовая траектория может оставаться непрерывной (ограничитель типа насыщения) или претерпевать разрыв (ограничитель типа механический упор). Таким образом, системы с ограничителями описываются дифференциальными уравнениями специфического вида, правильное решение которых определяет адекватность получаемых при моделировании результатов. Дело в том, что встречающееся в некоторых работах упрощенное представление механического ограничителя безынерционным звеном приводит к значительным погрешностям при решении задач анализа и синтеза. В данной работе будут рассмотрены некоторые особенности моделирования таких звеньев и выявлены искажения, возникающие при неточном их математическом описании или неправильном составлении схемы численного решения дифференциальных уравнений в современных прикладных программных пакетах. Будет представлена схема, позволяющая

© Феофилов Д. С., 2021

адекватно отобразить динамику реальных объектов, содержащих ограничители разного рода

1. Постановка задачи

Исходя из математического описания звеньев, содержащих ограничители, можно выделить два типа последних: ограничители в форме механических упоров и в форме насыщения. Звено, содержащее ограничители первого типа, задается дифференциальным уравнением второго порядка с разрывной правой частью, причем разрывной (из-за удара об упор) является и фазовая траектория звена. Звено с ограничителями второго типа описывается дифференциальным уравнением первого порядка с разрывной правой частью, а его траектория является непрерывной функцией.

На рис. 1 и 2 представлены структурные схемы звеньев, содержащие ограничители соответственно в форме механических упоров и форме насыщения [1,2].

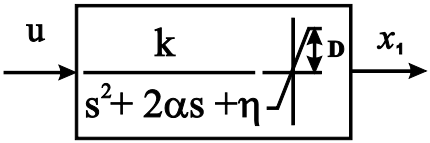


Рис. 1. Звено типа механический упор

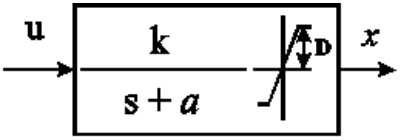


Рис. 2. Звено типа насыщения

Движение звена на рис. 1 задается уравнениями

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\dot{x}_2 = \begin{cases} ku - 2\alpha x_2 - \eta x_1, \text{ если } |x_1| < D \text{ или } |x_1| = D \text{ и} \\ (ku - \eta x_1)\cdot \operatorname{sign} x_1 \le 0; \\ 0, \text{ если } |x_1| = D \text{ и } (ku - \eta x_1)\cdot \operatorname{sign} x_1 > 0. \end{cases} \quad (1)$$

Движение звена, изображенного на рис.2, определяется как

$$\dot{x} = \begin{cases} ku - ax, \text{ если } |x| < D \text{ или } |x| = D \text{ и } (ku - ax)\cdot \operatorname{sign} x \le 0; \\ 0, \text{ если } |x| = D \text{ и } (ku - ax)\cdot \operatorname{sign} x > 0. \end{cases} \quad (2)$$

Наиболее сложными для изучения являются ограничители в форме механических упоров [3,4]. Поэтому основное внимание в данной статье уделяется моделированию систем с данным типом ограничений.

При моделировании звена типа механический упор необходимо учитывать то, что оно является звеном второго порядка, поэтому следует правильно учитывать скорость изменения выходной координаты. Она должна скачкообразно обнулиться в момент удара и оставаться нулевой до момента схода с ограничителя. Таким образом нельзя рассматривать отдельно линейное звено второго порядка и ограничитель. Это единое динамическое звено, описываемое уравнениями (1). Многие авторы упускают это из вида, в результате чего получают неточные результаты в ходе моделирования.

2. Особенности моделирования

Рассмотрим особенности моделирования звеньев с ограничителями типа жесткий механический упор на примере. На рис.3 представлена схема, позволяющая провести сравнительный анализ двух способов. В первом случае механический ограничитель моделируется с помощью отдельно стоящего безынерционного звена, а во втором в полном соответствии с уравнениями (1).

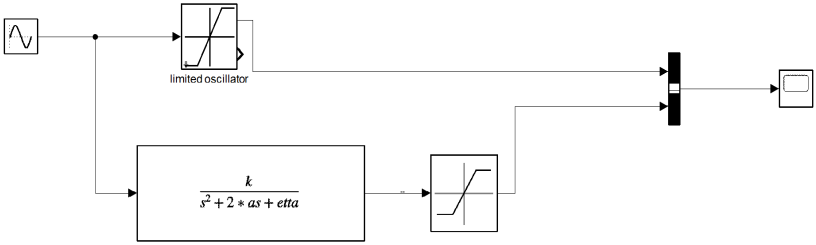


Рис. 3. Схема моделирования

На схеме используются следующие параметры колебательного звена: $k = 2$, $a = 2$, $etta = 4$, ограничитель установлен на уровне $x_{\max} = 5$.

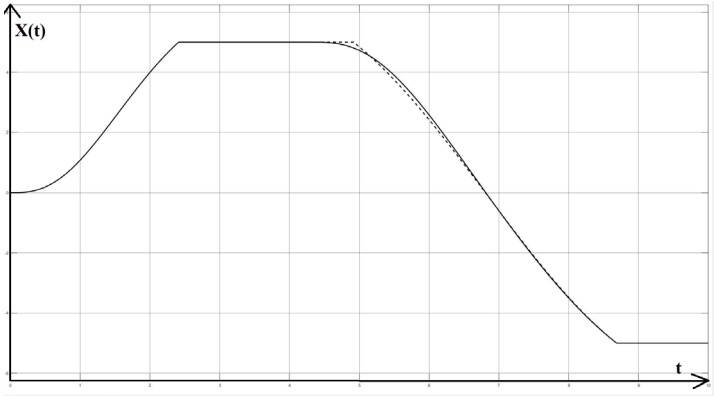


Рис. 4. Сравнение результатов моделирования по выходной координате

На рис. 4 пунктиром показан график, иллюстрирующий результаты моделирования последовательно стоящих колебательного звена и безынерционного ограничителя. Сплошная линия показывает изменение выходной координаты во времени при численном решении уравнений (1). Из анализа графиков видно, что упрощенное моделирование может приводить к значительным погрешностям, которые будут зависеть от параметров колебательного звена и уровня ограничителя. При этом полная математическая модель позволяет получить реальную динамику исследуемого объекта управления.

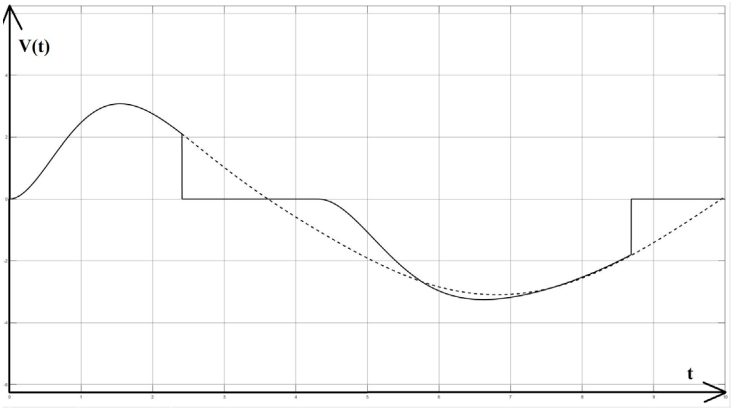


Рис. 5. Сравнение результатов моделирования по скорости выходной координаты

Еще более наглядным полученный результат выглядит при сравнении результатов моделирования по скорости выходной координаты (рис. 5). Пунктирная и сплошная линии на графике соответствуют случаям, описанным при анализе рис.4. Видно серьезное качественное и количественное отличие. Это следствие того, что безынерционный ограничитель не может учесть скачкообразное изменение скорости выходной координаты.

Заключение

В настоящей работе был проведен сравнительный анализ двух достаточно часто используемых способов моделирования звеньев с жесткими механическими ограничителями. Результаты показывают, что необходимо пользоваться полной математической моделью, так как упрощенная приводит не только к количественным, но и качественным ошибкам. Приведен только один пример такого поведения. Вообще, кусочно-линейные системы особенно высокого порядка требуют повышенного внимания при использовании численных методов. В этом контексте интересно рассмотреть объекты с упругими упорами, где происходят отскоки.

Нелинейные системы с ограничителями достаточно сложны в математическом моделировании, поэтому необходимо точно и правильно учитывать их особенности. Первым и важнейшим этапом при этом является использование точной математической модели. Далее она должна быть правильно смоделирована с использованием современных программных пакетов. Все используемые допущения и упрощения необходимо строго обосновывать. В противном случае легко получить не соответствующий поведению реального объекта результат.

Список литературы

1. Фалдин, Н.В. Исследование периодических движений в релейных системах, содержащих звенья с ограничителями / Н.В. Фалдин, С.В. Феофилов // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007. – №2. – Москва: Изд-во «Наука» . – с. 15-27.

2. Фалдин, Н.В. Исследование частотных характеристик звена с ограничителем типа механический упор / Н.В. Фалдин, С.А. Руднев, В.Ю. Кислицын // Системы автоматического управления и их элементы. – Тула: ТулГУ. – 1996. – С.219-224.

3. S. V. Feofilov and A. Kozyr, "Structural and Parametric Synthesis of Digital Automatic Systems with Discontinuos Control," 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 2020, pp. 30-35, doi: 10.1109/SUMMA50634.2020.9280780.

4. Феофилов, С.В. Периодические движения в релейных системах с кусочно–линейным объектом управления и цифровым регулятором / Феофилов С.В, Козырь А.В. // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып.11. – г. Тула, Изд-во: ТулГУ. – 2018. – С. 189-200.

Компьютерная имитационная модель процесса функционирования малогабаритных разведывательных беспилотных летательных аппаратов с учетом возможного радиоэлектронного противодействия

Р. Г. Хильченко, e-mail: hrg-1984@yandex.ru
С. Р. Неугомонов, e-mail: notice.1902@mail.ru

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

Аннотация. *В среде MATLAB Simulink разработана компьютерная имитационная модель процесса функционирования малогабаритных разведывательных беспилотных летательных аппаратов при выполнении ими разведывательных задач. Представленная Марковским случайным процессом, модель позволяет оперативно изменять исходные данные и наглядно отображать результаты оценки эффективности разведки в виде вероятностно-временных зависимостей.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, Марковский случайный процесс, имитационная модель, оценка эффективности, радиоэлектронное противодействие.*

Введение

Анализ малогабаритных коммерческих беспилотных летательных аппаратов (МК БЛА) типа «квадрокоптер» [1], а также опыт последних вооруженных конфликтов подтвердили возможность их применения нерегулярными воинскими формированиями. Основной задачей, возложенной на такие БЛА, является ведение разведки для выдачи целеуказаний огневым средствам как наземного, так и воздушного базирования. Другая, не менее важная, задача – воздушный контроль эффективности стрельбы (огневого удара) с борта БЛА может существенно повысить вероятность поражения защищаемого объекта. В этих условиях актуальным следует считать детальное исследование процесса функционирования МК БЛА, выполняющих информационные задачи. Важным аспектом такого исследования должна стать оценка возможности срыва процесса добывания разведданных средствами радиоэлектронного поражения.

Цель статьи состоит в разработке компьютерной имитационной модели процесса функционирования разведывательного МК БЛА,

© Хильченко Р. Г., Неугомонов С. Р., 2021

учитывающей радиоэлектронное противодействие со стороны противоборствующих сил.

1. Процесса функционирования БЛА

Процесс функционирования МК БЛА при выполнении им разведывательной задачи (РЗ) с учетом радиоэлектронного воздействия представим в виде графа состояний, показанного на рис. 1.

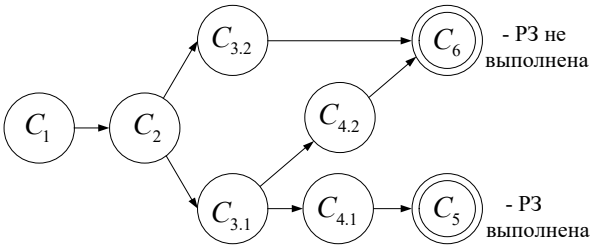


Рис. 1. Процесс функционирования МК БЛА при выполнении им задач разведки с учетом радиоэлектронного противодействия

Данный граф является динамической моделью упомянутого процесса и характеризуется следующими состояниями: C_1 – исходное состояние, в котором БЛА находится возле оператора в готовности к взлету и выполнению поставленной задачи; C_2 – БЛА взлетел и занял высоту, оператором зафиксировано устойчивое управление БЛА; C_3 – выход БЛА в район выполнения боевой задачи – достигнута точка начала маршрута патрулирования, из которой квадрокоптер переходит к поиску целей (начало непосредственного ведения разведки); $C_{3.2}, C_{4.2}$ – срыв управления с прекращением выполнения разведывательной задачи БЛА; $C_{3.1}, C_{4.1}$ – срыв управления без прекращения выполнения разведывательной задачи БЛА; C_5 – поглощающее состояние – РЗ выполнена, объект разведки вскрыт, БЛА возвратился к месту взлета и успешно осуществил посадку; C_6 – поглощающее состояние, которое объединяет состояния $C_{3.2}$ и $C_{4.2}$, характеризуя прекращение выполнения РЗ.

Таким образом, выделены два этапа (C_3 и C_4) возможного вмешательства в процесс функционирования БЛА с целью срыва выполнения задачи посредством радиоэлектронного противодействия. При этом эффект противодействия может состоять в затягивании

(замедлении) процесса функционирования БЛА $(C_{3.1}, C_{4.1})$ без его прекращения и в безвозвратном срыве управления $(C_{3.2}, C_{4.2})$.

В первом случае при ограниченном времени выполнения РЗ затягивание момента прибытия БЛА в район поиска и сокращение времени на обнаружение цели в конечном итоге влияет на эффективность ведения разведки. Данный вариант возможен вследствие радиоэлектронного воздействия, эффективности которого оказалось недостаточно для срыва управления полетом. Во втором случае в результате успешного (эффективного) воздействия средствами радиоэлектронного поражения БЛА прекращает функционировать, поэтому РЗ считается не выполненной.

В итоге, исходя из рис. **1**, можно выделить три ветви возможного протекания рассматриваемого процесса:

1) $C_1 \to C_2 \to C_{3.1} \to C_{4.1} \to C_5$ – процесс завершается выполнением РЗ возможно с меньшим качеством за счет радиоэлектронного воздействия на двух этапах полета;

2) $C_1 \to C_2 \to C_{3.1} \to C_{4.2} \to C_6$ – процесс завершается срывом выполнения РЗ за счет успешного радиоэлектронного воздействия в районе выполнения задачи и недостаточно эффективным воздействием на этапе подлета;

3) $C_1 \to C_2 \to C_{3.2} \to C_6$ – процесс завершается срывом выполнения РЗ за счет успешного радиоэлектронного воздействия на этапе подлета к району выполнения задачи.

2. Методический аппарат моделирования

Динамика процесса функционирования БЛА, представленная переходами между состояниями, будет характеризоваться вероятностями P_{ij} перехода из i-го состояния в j-ое и плотностью вероятности $\varphi_{ij}(t)$ времени задержки процесса в i-ом состоянии перед тем, как перейти в j-ое. Следовательно, проиллюстрированный на рис. **1** процесс функционирования БЛА будет представлять собой полумарковский случайный процесс. Если все $\varphi_{ij}(t) = 0$ при $t < 1$ и $\varphi_{ij}(t) = 1$ при $t > 1$ (переходы происходят через каждую единицу времени), то полумарковский процесс преобразуется в Марковскую цепь с дискретным временем. Если же $\varphi_{ij}(t)$ экспоненциальные, то полумарковский преобразуется в Марковский процесс с непрерывным временем.

Используя подход, описанный в [2], каждый переход графа состояний представим передаточной функцией $H_{ij}(s)$ в виде произведения вероятности перехода «$i \to j$» на плотность вероятности времени задержки в форме преобразования Лапласа:

$$H_{ij}(s) = L_s\left\{P_{ij} \cdot \varphi_{ij}(t)\right\} = P_{ij} \cdot \varphi_{ij}(s)\,, \qquad (1)$$

где $L_s\{...\}$ – символ преобразования Лапласа; s – оператор Лапласа.

Для того чтобы записать общую передаточную функцию $H_{16}(s)$ процесса функционирования БЛА для неуспешного выполнения РЗ (переход системы из состояния C_1 в состояние C_6), учитывая выражение (1) и правила преобразования передаточных функций, запишем:

$$H_{16}(s) = H_{12}(s)\Big[H_{23.2}(s)H_{3.26}(s) + H_{23.1}(s)H_{3.14.2}(s)H_{4.26}(s)\Big] \qquad (2)$$

По аналогии запишем передаточную функцию процесса успешного выполнения разведывательной задачи МК БЛА:

$$H_{15}(s) = H_{12}(s)H_{23.1}(s)H_{3.14.1}(s)H_{4.15}(s)\,. \qquad (3)$$

Таким образом, записанные в выражениях (3) и (4) общие передаточные функции – это математические модели неуспешного и успешного соответственно процессов функционирования БЛА при выполнении РЗ.

Далее, получив общую передаточную функцию, перейдем в выражении для срыва разведывательной задачи БЛА (6) от изображения к оригиналу и получим функцию распределения времени функционирования процесса:

$$H_{16}(t) = L_s^{-1}\left\{1/s \cdot H_{16}(s)\right\}, \qquad (4)$$

где $L_s^{-1}\{...\}$ – символ обратного преобразования Лапласа; $1/s$ – интегратор, при помощи которого можно перейти от плотности вероятности к функции распределения.

Функция распределения (4) представляет собой вероятностно-временную зависимость процесса функционирования БЛА от времени [3]:

$$P_{РЗ}^{БЛА}(t) \equiv H_{16}(t)\,. \qquad (5)$$

Данный процесс функционирования БЛА будем считать Марковским, время переходов которого подчиняется экспоненциальному закону:

$$\varphi_{ij}(t) = 1/\overline{T}_{ij} \cdot \exp\left\{-1/\overline{T}_{ij} \cdot t\right\}, \qquad (6)$$

где $\overline{T}_{ij}$ – среднее время, необходимое на переход из одного состояния в другое.

3. Компьютерное моделирование

Для построения компьютерной модели рассматриваемого процесса воспользуемся программным пакетом имитационного моделирования Simulink в системе MATLAB.

Пакет расширения Simulink служит для имитационного моделирования систем, состоящих из графических блоков с заданными свойствами (параметрами). В состав моделей могут включаться источники сигналов различного вида, виртуальные регистрирующие приборы, графические средства анимации существующих и новых элементов системы. Simulink автоматизирует наиболее трудоемкий этап моделирования – решение сложных систем алгебраических и дифференциальных уравнений, описывающих заданную модель, обеспечивая удобный и наглядный визуальный контроль за поведением созданного пользователем виртуального устройства (процесса).

На рис. 2 показана компьютерная имитационная модель процесса функционирования МК БЛА, выполненная в среде разработки MATLAB Simulink на основе описанного выше методического аппарата.

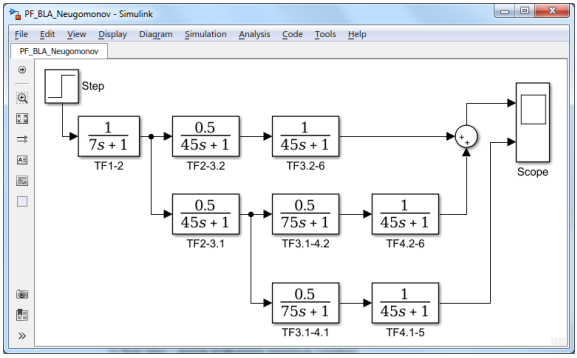


Рис. 2. Компьютерная имитационная модель процесса функционирования МК БЛА, выполненная в среде разработки MATLAB Simulink

Представленная модель описывает переходы между состояниями графа (рис. 1) с помощью передаточных функций. Она позволяет определить временные и вероятностные характеристики процесса функционирования разведывательного БЛА, а также оценить воздействие «внешних сил» на результат выполнения задачи. Опишем используемые в модели блоки.

Блок «Step» имитирует генератор формирования ступенчатого сигнала. На рис. 3 показано окно основных параметров сигнала на выходе «Step». Среди которых:

– Step time – время появления перепада (скачка);
– Initial value – начальное значение сигнала;
– Final value – конечное значение сигнала;
– Sample time – эталонное время.

Значения этих параметров и вид формируемого сигнала во времени также представлены на рис. 3.

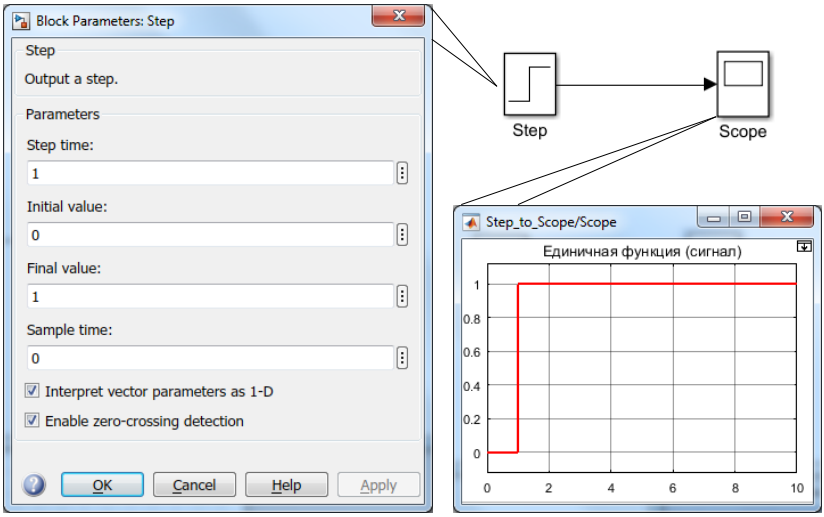


Рис. 3. Окно основных параметров и вид формируемого сигнала на выходе «Step»

Блок «TF» (Transfer Fcn) представляет собой реализацию передаточной функции (1), временная составляющая которой распределена по экспоненциальному закону (5). На рис. 4 показано окно настройки блока «Transfer Fcn» первой передаточной функции (TF 1-2 или $H_{12}(t)$). Его основными параметрами являются:

– Numerator – коэффициенты полинома числителя;
– Denominator – коэффициенты полинома знаменателя;
– Absolute tolerance – абсолютная погрешность.

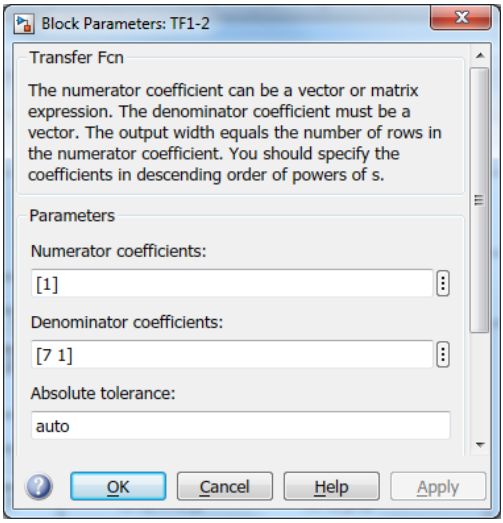


Рис. 4. Окно настройки параметров блока «Transfer Fcn»

Блок используется для моделирования линейных звеньев передаточной цепи. Для его создания необходимо ввести значения коэффициентов в строки Numerator и Denominator, соответствующие числителю и знаменателю. В нашем случае значение числителя заданному значению вероятности перехода P_{ij} и не может превышать единицы.

Блок «Scope» используется для построения временных зависимостей и имеет возможность отображать несколько графиков на одной временной оси.

Блок «Sum» вычисляет сумму текущих значений сигналов, поступающих на его входы. Основными параметрами «Sum» являются:

– Icon shape – форма блока (round – окружность, rectangular – прямоугольник);

– list of sign – список знаков («+» – плюс, «–» – минус и «|» – разделитель знаков).

– Saturate on integer overflow (флажок) – подавлять переполнение целого. При установленном флажке ограничение сигналов целого типа выполняется корректно.

Количество входов «Sum» определяется списком знаков, вписанных в list of sign, при этом метки входов обозначаются соответствующими знаками через разделитель.

4. Результаты моделирования

Для имитации рассматриваемого процесса необходимы исходные данные в виде значений вероятности переходов P_{ij} и среднего времени $\overline{T}_{ij}$, описывающего экспоненциальный закон распределения (5). В качестве таковых данных будем использовать: $P_{12}=1, \overline{T}_{12}=7c$ (блок TF1-2); $P_{23.1}=0.5, \overline{T}_{23.1}=45c$ (блок TF2-3.1); $P_{23.2}=0.5, \overline{T}_{23.2}=45c$ (блок TF2-3.2); $P_{3.14.1}=0.5, \overline{T}_{3.14.1}=75c$ (блок TF3.1-4.1); $P_{3.14.2}=0.5, \overline{T}_{3.14.2}=75c$ (блок TF3.1-4.2); $P_{4.15}=1, \overline{T}_{4.15}=45c$ (блок TF4.1-5); $P_{4.26}=1, \overline{T}_{4.26}=45c$ (блок TF4.2-6).

В результате имитационного моделирования блок «Scop» формирует две зависимости, соответствующие обратному преобразованию Лапласа выражений (2) и (3), вид которых представлен на рис. 5.

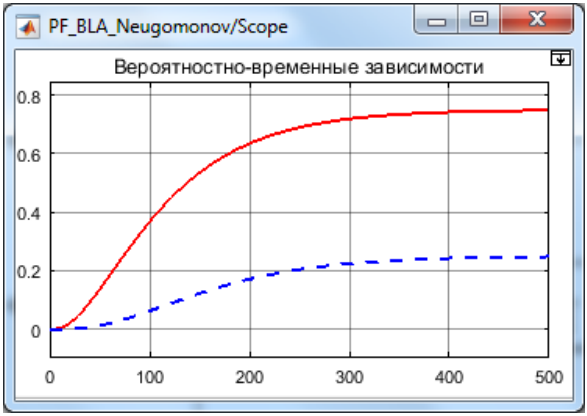


Рис. 5. Вероятностно-временные зависимости процессов выполнения и невыполнения БЛА поставленной задачи

Поскольку блок «Scop» работает с функциями времени, процедура обратного преобразования Лапласа с учетом интегрирования (4) выполняется автоматически.

Пунктирной линией на данном рисунке показана временная зависимость вероятности выполнения $H_{15}(t)$, а сплошной – невыполнения $H_{16}(t)$ МК БЛА разведывательной задачи. Адекватность полученных зависимостей и предложенного методического аппарата может быть обоснована выполнением нормировочного условия $H_{15}(t \to \infty) + H_{16}(t \to \infty) = 1$.

Заключение

Таким образом, разработанная в статье компьютерная имитационная модель позволяет описать процесс функционирования МК БЛА при выполнении и невыполнении им разведывательной задачи. Модель представляет собой набор блоков передаточных функций, описывающих переходные процессы смены физических и информационных состояний, в которых пребывает разведывательный БЛА. Модель способна оперативно изменять исходные данные, наглядно отображать результаты оценки эффективности как самой разведки, так и противодействия ей внешними силами.

Список литературы

1. Хильченко, Р.Г. Анализ возможности применения коммерческих беспилотных летательных аппаратов нерегулярными воинскими формированиями / Р.Г. Хильченко, С.Р. Неугомонов // Радиоэлектронная борьба и информационная безопасность: сб. тр. участников VII Межвузовской научно-практической конф. курсантов и слушателей «Молодежные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина». (Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 16 мая 2020 г.). – Воронеж, 2020. – С. 234-239.

2. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения / Ю.Л. Козирацкий [и др.]; отв. ред. Ю.Л. Козирацкий – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.

3. Хильченко, Р.Г. Математическая модель процесса функционирования малогабаритных коммерческих беспилотных летательных аппаратов при выполнении разведывательной задачи с учетом возможного радиоэлектронного воздействия / Р.Г. Хильченко, С.Р. Неугомонов // Радиоэлектронные контрольные и измерительные системы: сб. тр. участников IX междунар. научно-технической конф. «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией». (Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 15 октября 2020 г.). – Воронеж, 2020. – С. 142-145.

Модель прогнозирования степени сложности метеоусловий с учетом теории нечеткой логики

Д. В. Черепанов, email: cherepanov.77@yandex.ru
И. Е. Кузнецов, email: vaiumet@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной статье представлен подход, повышающий эффективность и безопасность выполнения авиационных задач путем улучшения оправдываемости прогнозов метеорологических величин, входящих в метеоминимум летного состава, на основе применения теории нечеткой логики.*

Ключевые слова: *высота нижней границы облачности, горизонтальная видимость, количество облачности, метеоминимум.*

Введение

Эффективность и безопасность выполнения авиационных задач государственной авиацией в полной мере определяется метеорологическими условиями, в которых осуществляется полет. Критериальной оценкой соответствия метеорологических условии уровню подготовки авиационного персонала является метеорологический минимум (степень сложности метеоусловий), включающий в себя значение высоты нижней границы облачности, видимости и количество облачности. Качественный прогноз этих характеристик, а также их грамотный учет позволяет спланировать и оптимально использовать имеющиеся авиационные ресурсы. Для этого организуется система метеорологического обеспечения, основной задачей которой является эффективное прогнозирование элементов погодных условий, оказывающих наиболее существенное влияние на качество и безаварийность решаемых авиационных задач. В настоящее время используется большой арсенал технологий и средств, обеспечивающих прогностической метеорологической информацией потребителя. Вместе с тем, точность прогнозирования метеорологических характеристик все еще остается недостаточной и в ряде случаев не соответствует предъявляемым к ней требованиям. В связи с эти необходимо искать новые пути решения этой задачи, основанные на использовании новых математических подходах и идеях. В условиях недостатка и неопределенности исходной информации для

© Черепанов Д. В., Кузнецов И. Е., 2021

ее обработки хорошо зарекомендовали себя методы нечеткой логики и дискретной математики.

Поэтому целью работы явилось повышение качества прогнозирования метеохарактеристик, определяющих степень сложности метеоусловий, путем применения теоретических аспектов нечеткой логики [1].

1. Применение теоретических аспектов нечеткой логики для прогнозирования степени сложности метеоусловий

Формализуем решаемую задачу. Пусть необходимо принять такое решение R, при котором обеспечивается максимально возможный результат прогнозирования погодных условий с заданной эффективностью при неполных и неточных исходных данных о состоянии атмосферы в исходный момент времени $x_{\boldsymbol{i}} = (x_{11}, x_{12}, ..., x_{ij}), \quad i = \overline{1,...,n},\ j = \overline{1,...,m}$ [2].

Решение поставленной задачи предлагается осуществить на основе системы нечетких продукционных правил:

$$ЕСЛИ\ (x_1\ есть\ A_i) \wedge .... \wedge (x_j есть\ B_i)\ TO\ (y\ есть\ C_i), i = 1,...,m \qquad (1)$$

где A_i, B_i – нечеткие высказывания о характеристиках атмосферы, соответствующих степени сложности метеоусловий C_i, связанные логическими операторами «конъюнкция», «дизъюнкция» и «импликация» 1.

Тогда предлагаемая методика будет состоять из следующих этапов:

1 этап – количественная оценка степени принадлежности к одному из классов.

В качестве функции принадлежности к различным посылкам было использовано следующее выражение:

$$y = \frac{1}{1 + \left(\frac{\left(x - m^2 \right)}{d} \right)^b}, \qquad (2)$$

где m – математическое ожидание и d – дисперсия значений x.

Условия посылки x, для которых необходимо сделать вывод, определяются результатами измерений значений метеорологических показателей в исходный момент времени прогнозирования и представляются четкими числами $–x^0$.

2 этап – применение модели нечеткого логического вывода на основе импликации Ларсена для получения функции принадлежности результирующей величины у к соответствующему классу:

$$\mu_{C'}(y) = \sup_{x}[\mu_{A'}(x_1^0) \cdot \mu_{B'}(x_j^0) \cdot \mu_A(x_1) \cdot \mu_B(x_j) \cdot \mu_C(y)] \qquad (3)$$

Полученное выражение (2) позволяет легко решать задачу для каждого правила (1) путем подстановки результатов измерений метеорологических показателей при заданной функции принадлежности к одному из классов степени сложности метеоусловий $\mu_C(y)$.

2 этап – аккумулирование полученных функций $\mu_{Ci'}(y)$, где i – номер правила в системе (2), предлагается осуществлять на основе граничного алгебраического подхода:

$$\mu_{C'}(y) = \min\{\mu_{C1'}(y) + ... + \mu_{Ci'}(y) + ... + \mu_{Cn'}(y); 1\}, \qquad (4)$$

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.

3 этап – дефазификация. Модель дефаззификации функции $\mu_{Ci'}(y)$ должна обеспечивать следующее естественное требование максимального соответствия прогнозируемых условий фактически наблюдаемым. Для принятой функции принадлежности этому требованию отвечает наибольшее значение, определяемое по формуле средневзвешенного значения

$$y^0 = \frac{\int_0^1 \mu_C(y) y dy}{\int_0^1 \mu_C(y) dy} \text{ с нормировкой } y^{0н} = \frac{y^0}{y^0_{\max}} \in [0;1], \qquad (5)$$

Выражения (1) – (5) являются завершающими в процессе реализации предлагаемой методики.

2. Результаты исследования

Практическая реализация данной методики была осуществлена на примере прогнозирования сложности метеоусловий в зависимости от высоты нижней границы облачности, видимости и количества облачности.

В качестве исходных данных были приняты: значения дефицита точки росы у земли и на высоте 300 м, разница температур у земли и на

высоте 300 м, значение числа Ричардсона в слое от земли до высоты 300 м в пункте прогноза с заблаговременностью 6 часов.

Функции принадлежности метеорологических величин к трем классам степени сложности метеоусловий на примере значений дефицита точки росы представлены на рисунке 1.

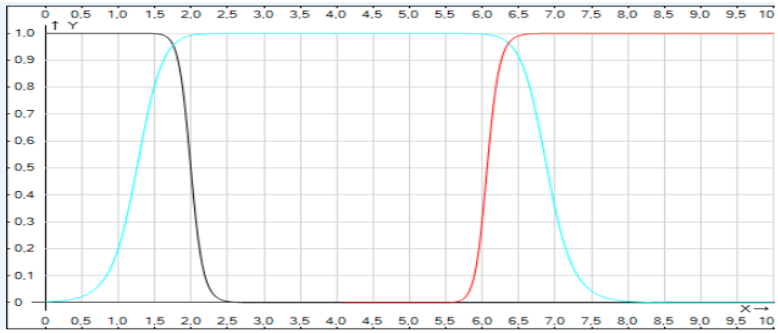


Рис. 1. Функции принадлежности дефицита точки росы с высказываниями «сильно», «умеренно», «слабо» к первой градации сложности метеоусловий

На основании предлагаемой методики была построена структурно-логическая модель расчета степени принадлежности к определенному уровню сложности метеоусловий, фрагмент структуры которой представлен на рисунке 2. Построенный нечеткий классификатор по входным данным должен определить степень принадлежности к определенному классу.

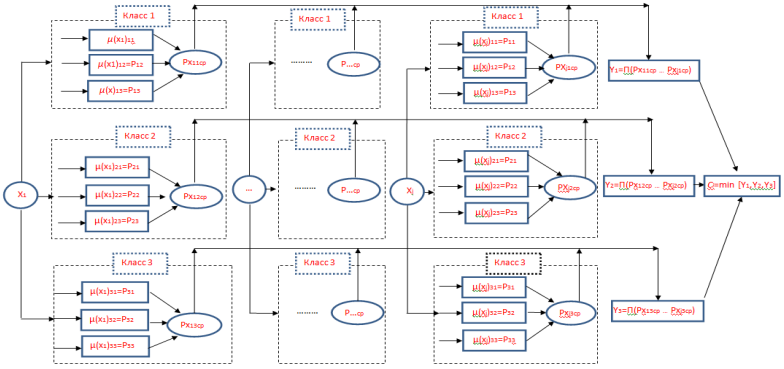


Рис. 2. Фрагмент структуры нечеткого классификатора

Заключение

Таким образом, проведенный численный эксперимент на основе данных измерений и наблюдений за низкой слоистой облачностью показал, что по сравнению с традиционными физико-статистическими методами предлагаемый подход позволяет повысить качество прогнозирования на 20-30 %. Это является свидетельством о возможном его использовании в автоматизированных системах прогнозирования и поддержки принятия метеозависимых решений.

Список литературы

1. Круглов В. В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М., 2001. 224 с.

2. Кузнецов И.Е., Гуськов Д.А., Страшко О.В. Структурно-логическая модель метеорологического обеспечения беспилотных летательных аппаратов при ограниченной метеорологической информации. Естественные и технические науки №12/1261, 2018. С. 201-207.

Секция 3
Технологии обработки и защиты информации

Классификация акустических каналов утечки информации в помещениях офисного типа

В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru
А. В. Яковлев, email: yava73@bk.ru
М. В. Моисеева, email: mariyamoiseeva@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *В век информатизации существует устойчивый спрос на информацию, добытую несанкционированным путем. Это является большой проблемой для организаций, обрабатывающих информацию в помещениях офисного типа. Следовательно, защита информации от злоумышленников является одной из главных задач. В данной статье рассмотрим более подробно классификацию акустических каналов утечки информации.*

Ключевые слова: *акустический канал утечки информации, перехват, защита информации.*

Введение

Под техническим каналом утечки акустической (речевой) информации понимают совокупность объекта разведки (выделенного помещения), технического средства акустической (речевой) разведки, с помощью которого перехватывается речевая информация, и физической среды, в которой распространяется информационный сигнал. В зависимости от физической природы возникновения информационных сигналов, среды их распространения технические каналы утечки акустической (речевой) информации можно разделить на: прямые акустические (воздушные), акустовибрационные (вибрационные), акустооптические (лазерные), акустоэлектрические и акустоэлектромагнитные (параметрические).

Классификация каналов утечки информации

Рассмотрим перечисленные каналы утечки информации с точки зрения способа перехвата.

В случае перехвата информации через воздушный канал утечки возможна запись речевой информации портативными средствами записи, которые скрытно установлены в выделенных помещениях. Также возможна скрытая установка закладных устройств с датчиками микрофонного типа; прослушивание и запись разговоров с помощью

© Алексеев В. В., Яковлев А. В., Моисеева М. В., 2021

направленных микрофонов. Направленные микрофоны могут быть установлены в ближайших строениях или транспортных средствах. Акустические антенны являются именно теми основополагающими элементами, которые определяют облик и основные характеристики комплексов дистанционного перехвата речевой информации. Назначение их заключается в усилении звуков, приходящих по основному направлению, и существенном ослаблении всех остальных акустических сигналов. В настоящее время разработано несколько модификаций антенн, в соответствии с которыми решено классифицировать направленные микрофоны [1].

При перехвате информации по вибрационному каналу утечки возможно скрытое прослушивание и запись разговора из смежных помещений с использованием электронных стетоскопов. Также возможна скрытая установка закладных устройств с датчиками контактного типа, которые передают информацию по радио или оптическим каналам.

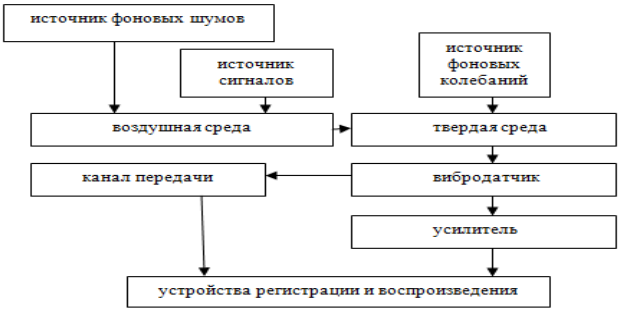


Рисунок. Структурная схема вибрационного канала утечки информации

В случае перехвата информации по лазерному каналу утечки злоумышленники используют облучение оконных стекол выделенного помещения лазерными акустическими системами, которые установлены в ближайших строениях или транспортных средствах. Для перехвата речевой информации по данному каналу используются сложные лазерные акустические системы разведки (ЛАСР), иногда называемые лазерными микрофонами. ЛАСР состоит из источника когерентного излучения (лазера) и приемника оптического излучения, оснащенного фокусирующей оптикой. : Для обеспечения высокой механической устойчивости передатчика и приемника, что крайне необходимо для нормальной работы системы, последние устанавливаются на треножных

штативах. Как правило, в таких системах используются лазеры, работающие в невидимом глазу ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн (0,8...1,1 мкм). Принцип действия системы заключается в следующем. Передатчик осуществляет облучение наружного оконного стекла узким лазерным лучом. Приемник принимает рассеянное отраженное излучение, модулированное по амплитуде и фазе по закону изменения акустического (речевого) сигнала, возникающего при ведении разговоров в контролируемом помещении. Принятый сигнал детектируется, усиливается и прослушивается на головных телефонах или записывается на магнитофон. Для улучшения разборчивости речи в приемнике используется специальное шумоподавляющее устройство.

Для наведения лазерного луча на цель совместно с передатчиком и приемником используются специальные устройства – визиры. Данные системы наиболее эффективны для прослушивания разговоров в помещениях небольшого размера, которые по своим акустическим характеристикам близки к объемному резонатору, когда все двери и окна помещения достаточно хорошо герметизированы

При перехвате информации по акустоэлектрическому каналу утечки возможно подключение специальных низкочастотных усилителей к соединительным линиям ВТСС, обладающих микрофонным эффектом, а также подключение аппаратуры высокочастотного навязывания к соединительным линиям ВТСС, обладающих микрофонным эффектом.

Образование электроакустического канала утечки информации связано с наличием в ТСОИ случайных электроакустических преобразователей, называемых случайными микрофонами. Эти элементы обладают способностью преобразовывать акустические колебания в электрические сигналы, хотя и не предназначены для этой цели. Элементы технических средств обработки информации, обладающие свойствами случайных электроакустических преобразователей, могут подвергаться воздействию акустических полей с достаточными интенсивностью и звуковым давлением [2]. Воздействие акустического поля на элементы ТСОИ может привести к изменению их взаимной ориентации, положения или к их деформации.

В результате на выходах случайных электроакустических преобразователей могут либо возникнуть электрические заряды, токи или ЭДС, либо произойти изменения параметров токов и напряжений, формирующихся в цепях технических средств при их функционировании, обусловленные опасными сигналами (например, нежелательная модуляция). Микрофонные свойства случайных электроакустических преобразователей проявляются в результате

различных физических явлений, приводящих к появлению тока или ЭДС при перемещении элемента или его деформации под действием акустического поля. Большую группу случайных электроакустических преобразователей составляют индукционные (индуктивные) преобразователи. Например, если поместить рамку (катушку индуктивности) в магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом (рис. 3), и изменять ее ориентацию относительно направления вектора магнитной индукции поля, то на выходе рамки появится ЭДС индукции. Перемещение рамки, изменяющее ее ориентацию, может быть вызвано воздушным потоком переменной плотности, возникающим при ведении разговора в помещении, где расположено техническое средство. К числу индуктивных случайных электроакустических преобразователей относят электрические звонки, громкоговорители, электромеханические реле, трансформаторы и т.д.

В случае перехвата информации по параметрическому каналу утечки злоумышленники используют перехват ПЭМИ на частотах работы высокочастотных генераторов, входящих в состав ВТСС, обладающих микрофонным эффектом, аппаратурой, установленной в ближайших строениях и транспортных средствах, а также высокочастотное облучение ВТСС, обладающих микрофонным эффектом, специальными генераторами, установленными в ближайших строениях или смежных помещениях.

Заключение

Таким образом, открывается большой спектр мер по защите помещений офисного типа для предотвращения и защиты информации при ее обработке. Рассмотренные каналы утечки нельзя оставлять без внимания. Информация большей частью передается звуковым или электромагнитным полем. Поэтому при наличии известных уязвимостей и каналов утечки информации есть возможность обеспечить необходимый уровень защиты в помещениях офисного типа.

Работа выполнена в рамках гранта №20-37-90146 от 19.06.2020

Список литературы

1. Каторин, Ю. Ф. Защита информации техническими средствами : учебное пособие / Ю. Ф. Каторин, А.В. Разумовский, А.И. Спивак ; – С. : Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО, 2012. – 417 с.

2. Технические каналы утечки акустической информации [Электронный ресурс] :. – Электрон. библ. – Режим доступа: https://ru.bmstu.wiki/Технические_каналы_утечки_акустической_информации

Оценка акустического канала утечки информации в помещениях офисного типа

В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru
А. В. Яковлев, email: yava73@bk.ru
М. В. Моисеева, email: mariyamoiseeva@mail.ru
А. С. Дерябин, email: 799980@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Защита речевой информации от утечки по акустическим каналам – одна из важнейших задач обеспечения информационной безопасности. Постоянное совершенствование технического обеспечения злоумышленников требует появления новых подходов по обновлению и улучшению средств защиты. Оценка акустического канала утечки информации является актуальной для совершенствования средств защиты информации.*

Ключевые слова: *акустика, речевая информация, информационная безопасность, канал утечки информации.*

Введение

В акустическом канале утечки носителем информации является акустическая волна в атмосфере, воде или твердой среде. Рассмотрим способы образования акустических каналов утечки информации в общем виде. Во-первых, акустический канал утечки образуется за счет распространения акустических колебаний в свободном воздушном пространстве. Например, переговоры в помещении с открытыми окнами, форточками или дверями. Во-вторых, акустический канал утечки может образовываться за счет воздействия звуковых колебаний на элементы и конструкции зданий, вызывая их вибрации. Например, стены, потолки, полы, окна, двери, трубы водоснабжения, отопления и кондиционирования. В-третьих, акустический канал утечки образуется за счет воздействия звуковых колебаний на технические средства обработки информации, здесь имеют место быть микрофонный эффект и акустическая модуляция волоконно-оптических линий. Для оценки акустического канала утечки информации необходимо рассмотреть его в общем виде, как показано на рисунке.

© Алексеев В.В., Яковлев А. В., Моисеева М. В., Дерябин А. С., 2021

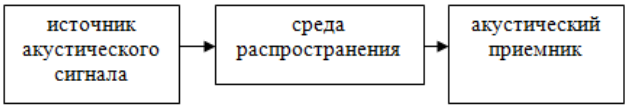


Рисунок. Структура акустического канала утечки информации

Источниками акустического сигнала могут быть говорящий человек или звуковоспроизводящее устройство и механические узлы механизмов и машин, которые при работе создают акустические волны.

Области спектра звука, в которых сосредоточивается основная мощность акустического сигнала, называются формантными областями или формантами. Большинство звуков речи имеют одну или две форманты, что обусловлено участием в образовании звуков резонаторов голосового тракта, полостей рта и носоглотки. Форманты звуков речи расположены в области частот от 150-200 Гц до 8600 Гц. Основная энергия подавляющей части формант сосредоточена в диапазоне частот 300-3000 Гц, что позволяет ограничить спектр речевого сигнала, передаваемого по стандартному телефонному каналу, этой полосой. Гласные звуки имеют выраженный дискретный спектр, согласные звуки характеризуются либо сплошным спектром, либо наличием сплошного спектра в отдельных полосах частот.

Характеристика акустического канала утечки информации

Акустические сигналы машин и технических средств возникают в результате колебаний их поверхностей и частиц воздуха, проходящего через различные отверстия и полости машин и средств.

Источники сигналов характеризуются диапазоном частот, мощностью излучения, интенсивностью излучения, мощностью акустической волны, прошедшей через перпендикулярную поверхность площадью, громкостью звука, измеряемой как десятичный логарифм отношения интенсивности звука к порогу слышимости. Интенсивность излучения является физической характеристикой акустического сигнала, а громкость – физиологической, учитывающей разную чувствительность слуховой системы человека к акустическим волнам разной частоты.

Физические явления, возникающие при распространении акустических волн, изучаются физической акустикой. В воздушной среде акустический сигнал распространяется в виде продольной упругой волны, которая представляет собой колебание частиц воздуха вдоль направления распространения волны. Продольные колебания воздуха приводят к изменению давления относительно атмосферного в области распространения волны. Звуковое давление, соответствующее

порогу слышимости уха, составляет 10~'°от нормального атмосферного, болевому порогу.- порядка 10^{4} от атмосферного давления.

В твердых телах наряду с продольными волнами возникают поперечные (перпендикулярные направлению распространения волны) колебания, которые не создают давления в продольном направлении.

Акустические волны как носители информации характеризуются следующими показателями и свойствами:

– энергией (мощностью);
– скоростью распространения носителя в определенной среде;
– величиной (коэффициентом) затухания или поглощения;
– условиями распространения акустической волны (коэффициентом отражения от границ различных сред, дифракцией).

Качество слышимой речи субъективно оценивается градациями ее понятности: отличная, хорошая, удовлетворительная, предельно допустимая. Слышимая речь характеризуется как отличная, если все слова, даже незнакомые, например фамилии, воспринимаются во время разговора без переспроса. Если во время разговора переспрашиваются отдельные незнакомые слова, то речь оценивается как хорошая. Частые переспросы характеризуют речь как удовлетворительную. Если возникает потребность в переспросе слов по отдельным буквам, то речь является предельно допустимой.

Составные каналы утечки информации появились из-за попытки увеличить дальность добычи речевой информации. Применяются два вида составного канала утечки информации: акусто-радиоэлектронной и акусто-оптический. Схемы составных каналов представлены на рис.2 и рис.3 соответственно.

Акусто-радиоэлектронный канал утечки информации со стоит из двух последовательно сопряженных каналов: акустического и радиоэлектронного каналов утечки информации. Приемником акустического канала является функциональный или случайно образованный акустоэлектрический преобразователь. Электрический сигнал с его выхода поступает на вход радиоэлектронного канала утечки информации.

Для оценки акустического канала утечки информации следует использовать несколько параметров. Рассмотрим основные из них.

Звуковое давление – это переменное давление в среде, обусловленное распространением в ней звуковых волн. Величина звукового давления оценивается силой действия звуковой волны на единицу площади и выражается в барах.

Уровень звукового давления – это отношение величины звукового давления к нулевому уровню, за который принято звуковое давление.

Сила (интенсивность) звука – количество звуковой энергии, проходящей за единицу времени через единицу площади; измеряется в ваттах на квадратный метр. Следует отметить, что звуковое давление и сила звука связаны между собой квадратичной зависимостью, например увеличение звукового давления в 3 раза приводит к увеличению силы звука в 9 раз.

Уровень силы звука – отношение силы данного звука к нулевому уровню, за который принята сила звука , выраженное в децибелах (дБ).

Порог слышимости – самый тихий звук, который способен различить человек на частоте 1000 Гц, что соответствует звуковому давлению.

Громкость звука – интенсивность звукового ощущения, вызванная данным звуком у человека с нормальным слухом. Громкость зависит от силы звука и его частоты, измеряется пропорционально логарифму силы звука и выражается количеством децибел, на которое данный звук превышает по интенсивности звук, принятый за порог слышимости. Единицей измерения громкости является фон.

Динамический диапазон – диапазон громкостей звука или разность уровней звукового давления самого громкого и самого тихого звуков, выраженная в децибелах.

Источником образования акустического канала утечки информации являются вибрирующие, колеблющиеся тела и механизмы, такие как голосовые связки человека, движущиеся элементы машин, телефонные аппараты, звукоусилительные системы и т.д.

Заключение

Таким образом акустический канал утечки информации является основной проблемой при построении системы защиты информации в помещениях офисного типа. Знание основных характеристик поможет грамотно построить защиту.

Работа выполнена в рамках гранта №20-37-90146 от 19.06.2020

Список литературы

1. Акустические каналы утечки информации [Электронный ресурс] : – Электрон. журн. – Режим доступа: https://www.delphiplus.org/inzhenerno-tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/akusticheskie-kanaly-utechki-informatsii.html

2. Технические каналы утечки акустической информации [Электронный ресурс] : – Электрон. журн. – Режим доступа: https://intuit.ru/studies/courses/3649/891/lecture/32330?page=3

3. Оценка защищенности помещения от утечки речевой конфиденциальной информации по акустическому каналу [Электронный ресурс] : – Электрон. журн. – Режим доступа: https://www.delphiplus.org/zashchita-informatsii-vas-podslushivayut-zashchishchaites/otsenka-zashchishchennosti-pomeshcheniya-ot-utechki-rechevoi-konfidentsialnoi-informatsii-po-akusticheskomu-kanalu.html

Метод сегментации перекрывающихся объектов на изображении

Д. С. Батищев, email: batishchev@bsu.edu.ru
А. А. Утянский, email: utyanskiy@bsu.edu.ru
В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru

«Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Аннотация. *Аннотация. В данной работе представлен метод распознавания контуров перекрывающихся объектов на изображении. Предлагаемый подход на первом этапе предусматривает предобработку изображений. Затем выполняется разделение контура группы перекрывающихся объектов на множество сегментов, разделенных специальными точками, так называемыми вогнутыми точками. Затем предлагается использовать метод группировки сегментов, чтобы найти группу сегментов контура, которые вместе образуют объект эллиптической формы. Группировка сегментов подразумевает перебор предварительно отобранных сегментов контура с целью возможности их объединить в единый замкнутый объект. Приведенное тестирование метода сегментации перекрывающих друг друга двух, трех и четырех объектов на изображениях показало эффективность разработанного метода.*

Ключевые слова: *перекрывающиеся объекты, распознавание контуров, сегментация, предобработка изображений, объекты эллиптической формы, тестирование метода.*

Введение

Сегментация перекрывающихся объектов направлена на решение проблемы определения контуров нескольких объектов с частично перекрытыми областями. Перекрывающиеся или перекрытые объекты встречаются в различных задачах, таких как анализ морфологии молекулярных или клеточных объектов в биомедицинских и промышленных изображениях, где требуется количественный анализ отдельных объектов как по размеру, так и форме [1–3]. Во многих таких случаях часто можно предположить, что объекты имеют приблизительно эллиптическую форму. Например, наиболее часто измеряемыми свойствами наночастиц являются их длина и ширина, которая может соответствовать большой и малой оси эллипса,

© Батищев Д. С., Утянский А. А., Михелев В. М., 2021

расположенного над контуром частицы [4]. Однако, даже с априори известными фигурами перекрывающихся объектов их сегментация является не простой задачей. В случае недостаточной информация об формах объектов с перекрытыми или перекрывающимися частями в процесс сегментации вносится существенная сложность. Кроме того, часто задача включает в себя одновременную сегментацию нескольких объектов. Большое количество объектов на изображении вызывает большое количество изменений в позе, размере и форме объектов и приводит к более сложной проблеме сегментации.

1. Теоретические основы

Предлагаемый подход на первом этапе предусматривает предобработку изображений. Для этого, при создании силуэта изображения используется бинаризация изображения путем подавления фона на основе метода Оцу [5] и морфологическая обработка для сглаживания границ объекта [6]. Карта границ исследуемых объектов строится с использованием детектора краев Канни [7,8].

Для сегментации частично перекрывающихся объектов предлагается предварительно решить задачу извлечения контурных данных, а затем выполнить оценку контуров. Для извлечения контурных данных необходимо выполнить два этапа: первый – сегментация контура, второй – группировка сегмента. На первом этапе контуры объекта делятся на отдельные сегменты контура. На втором этапе выполняется проверка доказательства [2] наличия контура путем объединения найденных ранее сегментов контура, которые принадлежат одному и тому же объекту.

Как только доказательство наличия контура получено, то выполняется оценка контура в результате чего наблюдаемые объекты моделируются в форме объектов эллиптической формы. Предлагается новый комбинированный подход для извлечения контурных доказательств, который основан на обнаружении специальных вогнутых точек с помощью анализа кривизны, использовании проверки на вогнутость и эффективной процедуры поиска.

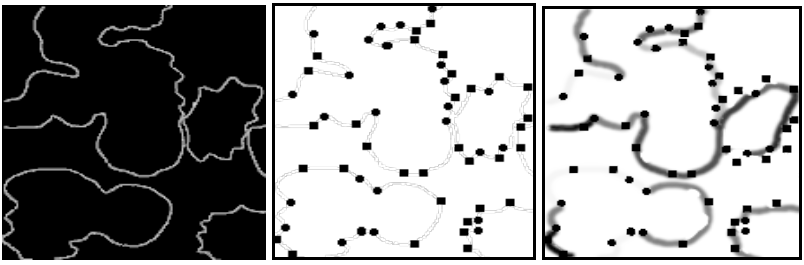
Таким образом для решение поставленной задачи предусматривает выполнение двух этапов: извлечение контурных доказательств и оценку контура. При этом извлечение данных о наличии контура включает две отдельные задачи: сегментация контура и группирование сегмента.

Контурная сегментация. Частичное перекрытие между двумя или более объектами эллиптической формы приводит к вогнутой форме с вогнутыми краевыми точками, которые соответствуют пересечениям границ объекта. Именно эти вогнутые точки используются для сегментирования контура перекрывающихся объектов.

Предлагается, что после нахождения края изображения детектором краев Канни, вогнутые точки определяются путем обнаружения угловых точек с последующей проверкой их на вогнутость. Угловые точки обнаруживаются с использованием метода модифицированного пространства кривизны, основанного на анализе кривизны [9]. Выход детектора угла включает точки с максимальной кривизной, лежащие как в вогнутой, так и в выпуклой областях контуров объекта [10,11].

Так как нас интересуют только вогнутые точки, соединяющие контуры перекрывающихся объектов, обнаруженные угловые точки проверяются на то находятся ли они на вогнутых областях. Для решения этой задачи, обозначим обнаруженную угловую точку через p_i, а две смежные точки контура точки – через $p_i \_ k$ и $p_i + k$. Угловая точка pi с квалифицируется как вогнутая, если линия, соединяющая точки $p_i - k$ и $p_i + k$, не находится внутри объекта. Полученные вогнутые точки будем использовать для разбиения контуров объекта на сегменты контура. На рис. 1 показан пример извлечения вогнутой точки и сегментации контура.

Группировка сегментов. Из-за существующих перекрытий между объектами один объект может создавать несколько сегментов контура. Группировка сегментов необходима для объединения всех контурных сегментов, принадлежащих одному объекту. Основная идея предлагаемого метода группировки сегментов состоит в том, чтобы найти группу сегментов контура, которые вместе образуют объект эллиптической формы. Группировка сегментов подразумевает перебор предварительно отобранных сегментов контура с целью возможности их объедения в единый замкнутый объект.



а б в

а – карта объектов, б – извлеченные вогнутые углы и удаленные выпуклые углы, в – сегментация контура по вогнутым точкам

Рис. 1. Сегментация контура

Для оптимизации процесса группировки предлагается использовать ограниченное пространство поиска, а сегмент контура в процессе группировки рассматривается только находящийся рядом с соседними сегментами. Два сегмента считаются соседними, если евклидово расстояние между их центральными точками меньше заданного порогового значения.

Группировка сегментов контура осуществляется в процессе подбора эллипса. При наличии пары контурных сегментов, si и sj, и функции, измеряющей качество подгонки эллипса, сегмент si группируется с сегментом sj, если вычисленное качество эллипса, подогнанного к сегментам соединения, выше, чем качество эллипса, установленного на каждый отдельный сегмент контура в отдельности.

Оценка контура. Последним этапом предлагаемого метода является оценка контура, когда на основе визуальной информации, полученной на предыдущем этапе, оцениваются недостающие части контуров объекта. Подгонка эллипса является очень распространенным подходом в сегментации перекрывающихся объектов [12]. Наиболее эффективные современные методы подбора эллипса, основанные на граничных точках формы, обычно решаются с помощью классической задачи наименьших квадратов. Поэтому оценка контура выполняется с помощью метода прямой подгонки по методу наименьших квадратов, где частично наблюдаемые объекты моделируются в форме объектов эллиптической формы. На рис. 2 показан пример оценки контура, примененной к доказательствам контура.



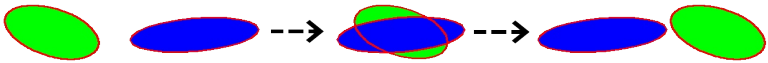
а б в

а – исходное изображение, б – извлечение контурных доказательств, в – оценка контура

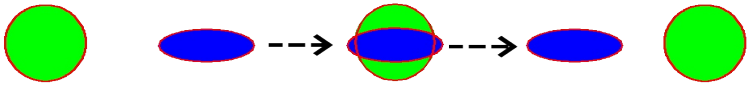
Рис. 2. Оценка контура

2. Апробация метода сегментации

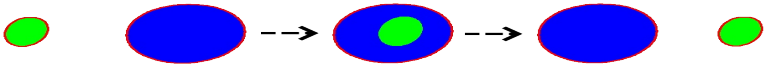
Тестирование сегментации перекрывающихся друг друга объектов проведено для разного уровня перекрытия двух, трех и четырех объектов. На рис. 3 приведены четыре различных варианта перекрытия двух объектов.



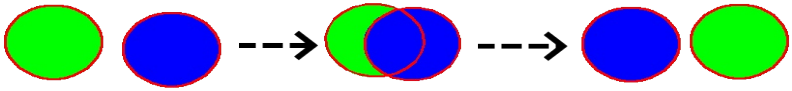
а



б



в



г

Рис. 3. Варианты перекрытия дух перекрывающихся друг друга объектов

Результаты тестирования алгоритма сегментации перекрывающихся друг друга двух объектов представлены в ниже следующей таблице (где n (i=1..n) – кол-во перекрывающихся объектов, Si,з – заданное значение площади i- того объекта, Si,р – расчетное значение площади i- того объекта).

Таблица 1*Р*

езультаты тестирования сегментации перекрывающихся друг друга двух объектов

№ п/п	Вариант перекрытия	% перекрытия	S1,з	S2,з	S1,р	S2,р	Кол-во найденных объектов	Ошибка δ
1	а	0%	8788	8471	8829	8388	2	0,71%
2	а	6%	8788	8471	8591	8433	2	1,36%
3	а	18%	8788	8471	8591	8433	2	1,36%
4	а	32%	8788	8471	8651	8433	2	1,01%
5	а	36%	8788	8471	8651	8388	2	1,27%
6	а	30%	8788	8471	8739	8081	2	2,54%
7	а	17%	8788	8471	8739	8081	2	2,54%
8	а	6%	8788	8471	8739	8285	2	1,36%
9	б	0%	10986	5656	11033	5465	2	1,43%
10	б	7%	10986	5656	10830	5592	2	1,32%
11	б	21%	10986	5656	10830	5610	2	1,21%
12	б	33%	10986	5656	10830	5665	2	0,99%
13	б	21%	10986	5656	10830	5584	2	1,37%
14	б	7%	10986	5656	10871	5504	2	1,60%
15	в	0%	3141	17584	3144	17659	2	0,37%
16	в	7%	3141	17584	3044	17388	2	1,41%
17	в	16%	3141	17584		17659	1	
18	в	15%	3141	17584		17914	1	
19	в	1%	3141	17584	3044	17388	2	1,41%
20	г	0%	7834	7834	7867	7867	2	0,42%
21	г	6%	7834	7834	7643	7614	2	2,62%
22	г	26%	7834	7834	7617	7754	2	1,89%
23	г	49%	7834	7834		8367	1	
24	г	26%	7834	7834	7935	7610	2	2,07%
25	г	6%	7834	7834	7744	7589	2	2,13%

На рис. 4 приведены различные варианты перекрытия трех объектов. Результаты тестирования алгоритма сегментации перекрывающихся друг друга трех объектов представлены в ниже следующей таблице.

На рис. 5 приведены различные варианты перекрытия четырех объектов. Результаты тестирования алгоритма сегментации перекрывающихся друг друга четырех объектов представлены в ниже следующей таблице

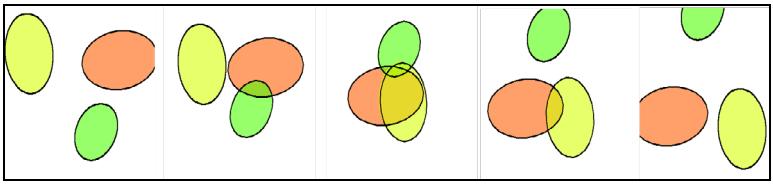


Рис. 4. Варианты перекрытия дух перекрывающихся друг друга объектов

Таблица 2

Результаты тестирования сегментации перекрывающихся друг друга трех объектов

	Номер варианта пере-крытия	% перекрытия	∑ Sзад.	∑ Sрас.	Кол-во заданных объектов	Кол-во найденных объектов	Ошибка δ
0	1	0	49060	48924,5	3	3	0,35
2	3	6	49060	48664,5	3	3	0,49
4	5	34	49060	42292	3	3	7,40
5	6	27	49060	54315	3	3	5,85
6	7	4	49060	48761	3	3	0,43
7	8	0	49060	48924,5	3	3	0,35

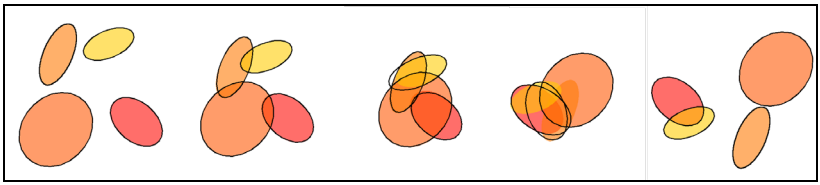


Рис. 5. Варианты перекрытия дух перекрывающихся друг друга объектов

Таблица 3

Результаты тестирования сегментации перекрывающихся друг друга четырех объектов

	Номер варианта перекрытия	% перекрытия	∑ Sзад.	∑ Sрас.	Кол-во заданных объектов	Кол-во найденных объектов	Ошибка δ
1	2	0	71956	71383	4	4	0,49
2	3	8	71956	70956	4	4	0,74
3	4	33	71956	72150	4	4	2,12
5	6	27	71956	67392	4	3	10,99
7	8	5	71956	71351	4	4	0,51

Заключение

Представленный метод сегментации перекрывающих объектов на изображениях позволяет более точно решать задачу распознавания контуров этих объектов. Приведенные в таблицах результаты тестирования показали эффективную работу разработанного метод сегментации объектов перекрывающих друг друга. Апробация данного метода сегментации показала возможность решения задачи сегментации одновременную для нескольких объектов.

Результаты выполненных вычислительных экспериментов продемонстрировали работоспособность и эффективность разработанных методов и алгоритмов компьютерного зрения для сегментации перекрывающих друг друга объектов на изображениях.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-07-00133 А.

Список литературы

1. Segmentation, inference and classification of partially overlapping nanoparticles. / C. Park [and all] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2013. – P. 669–681.

2. Zhang, W.H. A method for recognizing overlapping elliptical bubbles in bubble image / W.H. Zhang, X. Jiang, Y.M. Liu // Pattern Recognition Letters, 33. – 2012. – P. 1543 – 1548.

3. Батищев, Д.С. Метод сегментации перекрывающихся форменных элементов крови на микроскопических медицинских изображениях. / Д.С. Батищев, В.М. Михелев, А.А. Утянский // Экономика. Информатика. – 47 (4). –2020. – С. 803–815.

4. Estimation of nanoparticle size distributions by image analysis. / R. Fisker [and all] // Journal of Nanoparticle Research. 2. – 2000. – P. 267–277.

5. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms / N. Otsu // IEEE Trans. Sys., Man., Cyber.: journal. – 1979. – Vol. 9. – P. 62–66.

6. 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. – 2018. – № 3. – С. 54–65.

7. Canny, J. A computational approach to edge detection. / J. Canny // IEEE Transactions on pattern analysis and Machine Intelligence, 8 (6). – 1986. – P. 679–698.

8. Высокопроизводительный метод обнаружения границ на медицинских изображениях. / Е.С Сойникова [и др.] // Научный результат. Информационные технологии. – 2016. – 1(3). – С. 4–9.

9. He X. Curvature scale space corner detector with adaptive threshold and dynamic region of support / X. He, N. Yung // In: Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition. ICPR. – 2004. – P. 791–794.

10. Segmentation of partially overlapping nanoparticles using concave points / Z. Zafari [and all] // In: Advances in Visual Computing, Springer. – 2015. – P. 187–197.

11. Comparison of concave point detection methods for overlapping convex objects segmentation. / Z. Zafari [and all] // In: 20th Scandinavian Conference on Image Analysis. SCIA 2017, June12–14. –2017. – P. 245–256.

12. Fitzgibbon, A. Direct least square fitting of ellipses / A. Fitzgibbon, M. Pilu, R.B. Fisher // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 21. – 1999. – P. 476–480.

Технология генерации перестановок в программно-информационном комплексе защищенной передачи данных

О. А. Бистерфельд, email: bist19@yandex.ru [1]
Н. С. Бистерфельд, email: bist18@yandex.ru [2]

[1] Средняя общеобразовательная школа № 66 г. Пензы
имени Виктора Александровича Стукалова
[2] МИРЭА – Российский технологический университет

Аннотация. *В данной работе представлен образ программно-информационного комплекса защищенной передачи данных, включающего программно-информационный компонент «Генератор перестановок», программы «Преобразование файла» и «Восстановление файла». Приведено описание компонента «Генератор перестановок», предназначенного для формирования последовательностей перестановок, в соответствии с которыми проводится преобразование передаваемого файла (на передающей стороне) и восстановление файла (на приемной стороне).*

Ключевые слова: *информационная безопасность, передача данных, шифрование, метод перестановки.*

Введение

Одним из отрицательных явлений развивающейся в настоящий период цифровизации экономики являются разнообразные киберпреступления. Борьба с киберпреступностью обявляется государственной политикой, предпринимаются активные действия, выделяются громадные финансовые ресурсы по недопущению несанкционированного доступа к данным на уровне значимых предприятий и организаций различных форм собственности. Проводятся попытки организации согласованной политики по борьбе с киберпреступностью на международном уровне. Несанкционированный доступ к разнообразным данным возможен и при передаче данных. Такой вид преступлений является одним из самых распространенных.

Как правило, для передачи данных создаются организационно-технические системы разной сложности, в которых важной составной частью является персонал. Перед персоналом ставятся сложные задачи по защите от несанкционированного доступа, и снижение затраты персонала на осуществление защищенных передач данных также актуально.

© Бистерфельд О. А., Бистерфельд Н. С., 2021

С целью повышения уровня защиты сетевой передачи данных в виде файлов предлагается использовать программно-информационный комплекс защищенной передачи данных. Предлагаемый комплекс включает: программно-информационный компонент «Генератор перестановок» (КГП), программы «Преобразование файла» и «Восстановление файла». С помощью КГП формируются последовательности перестановок, в соответствии с которыми проводится преобразование передаваемого файла (на передающей стороне) и восстановление файла (на приемной стороне).

1. Программно-информационный компонент «Генератор перестановок»

Генерация перестановок широко известная процедура (например, [2]). Однако, в предлагаемом подходе необходимы частые и автоматические процедуры использования целого ряда различных последовательностей перестановок. В связи с этим предлагается реализовать генератор перестановок в виде небольшой базы данных, позволяющей как генерировать последовательности в соответствии с идентификаторами на используемые алгоритмы, так и сохранять и предоставлять сгенерированные последовательности перестановок.

Генератор перестановок предлагается использовать в средствах защищенной передачи данных по вычислительным сетям. Как вариант скрытия передаваемых данных могут быть использованы перестановки блоков передаваемых данных (групп символов). При выборе размера блока данных не кратного размеру данных, представляющих символы, преобразовываются и символы передаваемых данных, что повышает уровень защищенности при передаче в сети. В таких средствах необходим генератор перестановок как на передающей стороне (для перестановок символов или групп символов в передаваемых по сети данных), так и на приемной стороне (для восстановления принимаемых данных). Генераторы на передающей и на приемной стороне должны формировать одинаковую последовательность перестановок.

Для усложнения несанкционированного доступа к данным периодически необходимо менять используемую последовательность перестановок (одна из задач персонала).

В разработанном действующем прототипе генератора перестановок максимально возможный размер группы (гр) равен 10. При необходимости гр может быть увеличен.

В пределах размера группы меняются позиции передаваемых в канал связи символов (групп, части символов). На практике, конечно, представляют интерес существенные размеры групп (7, 8, 9 и 10 в действующем прототипе). Для каждой следующей группы символов

используется очередная перестановка из применяемой последовательности. После исчерпания всех перестановок последовательности, для следующих групп передаваемых в канал символов, использование последовательности перестановок повторяется.

Чередование перестановок в последовательности зависит от алгоритма генерации. В предлагаемом КГП реализованы несколько алгоритмов.

2. Информационная схема генератора перестановок

Генератор перестановок выполнен в виде базы данных (наименование БД – db1ПерестановкиW2). Схема таблиц БД представлена ниже (рис. 1**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

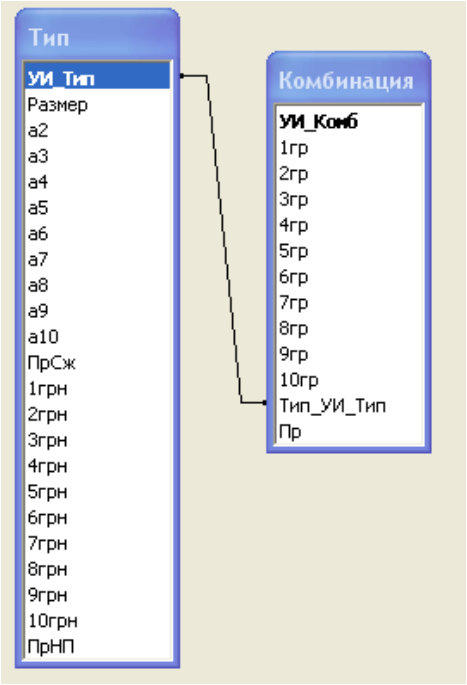


Рис. 1. Схема таблиц БД «db1ПерестановкиW2»

В таблице «Тип» сохраняют данные по размеру группы rp (колонка «Размер»), идентифицирующему кортежу используемых алгоритмов (колонки «a2», «a3», «a4», «a5», «a6», «a7», «a8», «a9», «a10»), признаку

сжатия последовательности (колонка «ПрСж»), идентифицирующему заданной начальной перестановки (колонки «1грн», «2грн», «3грн», «4грн», «5грн», «6грн», «7грн», «8грн», «9грн», «10грн»), признаку использования опции начальной перестановки (колонка «ПрНП»).

В таблице «Комбинация» сохраняют данные по сформированным последовательностям перестановок.

3. Форма, отчет и запрос генератора перестановок

Вид формы для генерации последовательностей перестановок представлен на рис. 2.

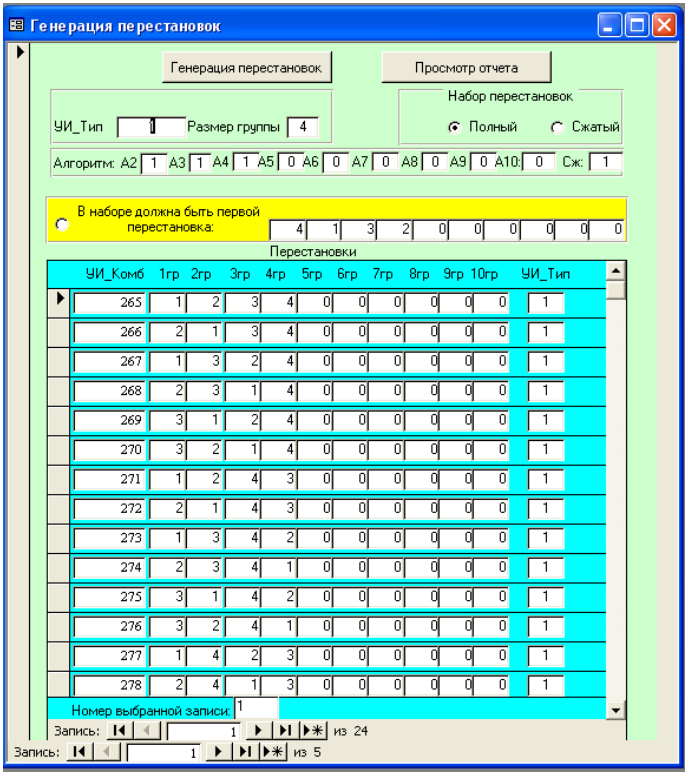


Рис. 2. Вид формы для генерации последовательностей перестановок

Идентифицирующие данные (размер группы, признак последовательности /полный или сжатый набор, кортеж используемых алгоритмов, признак начальной перестановки, сама начальная

перестановка) формируемой последовательности перестановок задаются в верхней части формы (с зеленым фоном).

Генерация последовательности запускается кнопкой «Генерация перестановок».

Сгенерированная последовательность заносится в подчиненную форму «Перестановки» (с голубым фоном, в нижней части формы, рис. 2).

По кнопке «Просмотр отчета» открывается отчет со сгенерированными последовательностями (рис. 3).

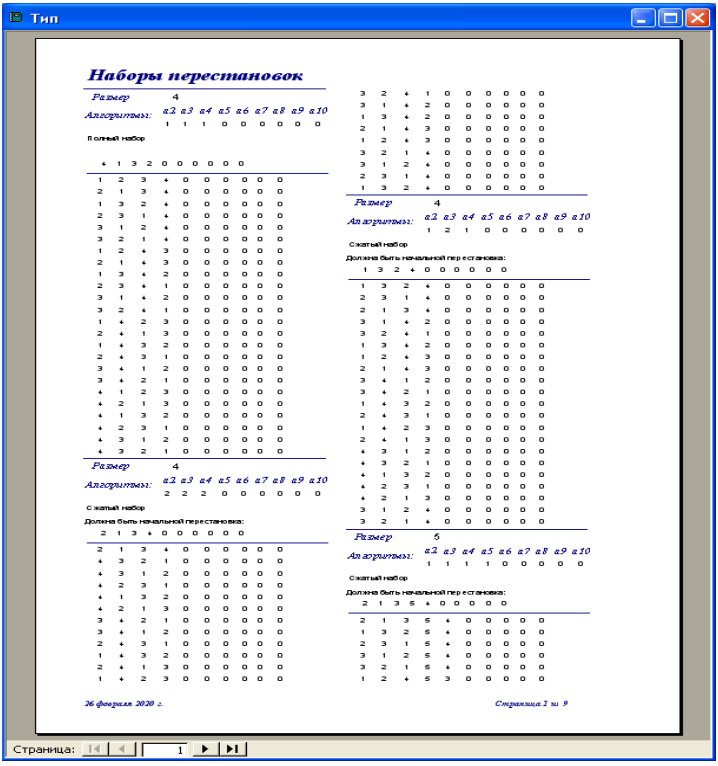


Рис. 3. Вид отчета с последовательностями перестановок

4. Программы «Преобразование файла» и «Восстановление файла»

В простейших схемах защиты передачи файла данных в компьютерных сетях:

– при передаче данных используют телекоммуникационные протоколы с подтверждением;

– перед передачей файла намеренно искажают содержимое файла, чем обеспечивают скрытие его содержимого; например, разбивают файл на группы (группы кодов символов или последовательности блоков двоичных бит файла); в пределах группы в соответствии с некоторой перестановкой (заранее известной и на передающей, и на приемной стороне; периодически такие перестановки меняют синхронно и на передающей и на приемной стороне) меняют порядок следования символов или блоков бит в файле; или криптографически преобразуют [1];

– передают преобразованный файл по сети от передающей к приемной стороне;

– на приемной стороне проводят обратное преобразование.

Такие способы недостаточно скрывают содержимое передаваемых данных. Существуют и другие способы намеренного искажения содержимого файла, но все они предусматривают определенный и неизменный в процессе передачи порядок начальной переработки и конечного восстановления файла; порядок преобразования известен заранее на приемной и на передающей стороне; предусматривают систематическое изменение, например, смена используемой перестановки на приемной и передающей стороне, но частая смена правила преобразования требуют от пользователей приемной и передающей стороны организационных затрат, вызывающих некоторое раздражение при использовании подобных средств защиты.

Предлагается ввести многократную и автоматическую смену правил преобразования файла по ходу первоначального формирования (а, следовательно, и соответствующие смены правил по ходу передачи файла в сети). Использование программы автоматической генерации перестановок (применяемой и на приемной и на передающей стороне) позволяет сократить организационные расходы администраторов системы безопасности. В большинстве случаев достаточно изменить только идентификатор алгоритма формирования перестановок и этого будет достаточно для смены правил преобразований файлов при их передаче по компьютерной сети.

Предлагаются следующие положения, реализуемые в разрабатываемых программах «Преобразование файла» и «Восстановление файла» для защищенной передачи файлов по сети:

– использование последовательностей перестановок при передаче файла;

– при генерации последовательностей перестановок исключение перестановки с последовательным возрастанием нескольких позиций (например, три и более позиции, что позволяет исключить практически все случаи последовательной передачи групп символов исходного файла);

– использование одной и той же программы генерации последовательности перестановок на приемной и передающей стороне и идентификаторов алгоритмов генерации, что позволяет при организационных решениях исключить необходимость передачи содержательных данных по защищенной трансляции файлов;

– в качестве дополнительной возможности исключение из оборота использование существующих общепринятых средств передачи файлов (программ трансляции файлов, транспортных протоколов с подтверждением) и переход к нестандартным средствам передачи файлов – пользовательским средствам, заменяющим стандартные; это затрудняет доступ к передаваемому и намеренно преобразованному файлу, а, кроме того позволяет в ряде случаев существенно ускорить передачу файлов.

Заключение

Внедрение программно-информационного комплекса защищенной сетевой передачи данных между устройствами существенно сократить затраты системных администраторов защиты данных, повысить уровень защищенности передаваемых данных, а в случае применения альтернативного транспортного протокола, сократить затраты и на собственно передачу данных.

Список литературы

1. Способ криптографического преобразования данных [Текст] : пат. 2734829, Российская Федерация : МПК: H04L 9/00 (2006.01) / Мартынов А. П. и др. ; Патентообладатели: Российская Федерация, от имени которой выступает Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация "Росатом"), Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики" (ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ"). – № 2020109438; заявл. 03.03.2020 опубл. 23.10.2020.

2. Генератор перестановок. Перестановки без повторений и с повторениями [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://prog-cpp.ru/permutation/

Безопасность систем электронной почты: проблемы и решения

С. К. Ганиев, email: sharofidinov1990@gmail.com
Ш. Ж. Хамидов, email: hamidov.sherzod.1990@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *В данной работе рассматривается система, угрозы и протоколы безопасности электронных почтовых служб, проводиться анализ протоколов, а также исследуется методы фильтрации спам писем проводиться сравнительный анализ методов фильтрации.*

Ключевые слова: *электронная почта, протокол, целостность, конфиденциальность, спам, черный-лист, белый-лист, фильтрация, Байес, нейронные сети.*

Введение

Электронная почта – это быстрый, эффективный и дорогой метод обмена сообщениями через Интернет. Сегодня все больше и больше людей используют электронную почту для связи со своими друзьями, семьей, коллегами, клиентами и деловыми партнерами. В современных реалиях сложно представить человека, который не пользуется электронной почтой. Во всем мире люди владеют одним или несколькими адресами электронной почты, на которые ежедневно приходят миллионы писем.

В последние годы широкое использование электронной почты привело к возникновению и дальнейшему обострению проблем, вызванных нежелательными массовыми сообщениями электронной почты, обычно называемыми спамом.

1. Система электронной почты

Система электронной почты состоит из двух основных компонентов, которые находятся в ИТ-инфраструктуре организации: почтовых клиентов и почтовых серверов.

Стандарты (например, SMTP, ESMTP, POP, IMAP) для форматирования, обработки, передачи, доставки и отображения электронной почты гарантируют взаимодействие между множеством различных почтовых клиентов и серверов [1].

© Ганиев С. К., Хамидов Ш. Ж., 2021

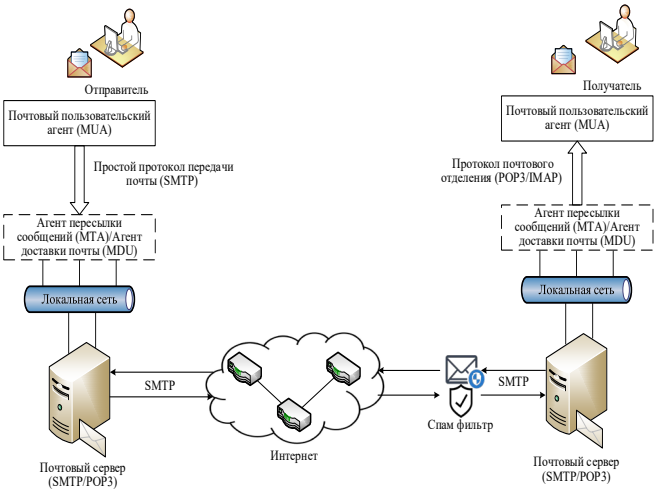


Рис. 1. Архитектура пересылки электронными письмами

Основные виды электронных почтовых сервисов

Веб-служба электронной почты – электронные письма хранятся на другом устройстве в Интернете, для пользования услугами вам нужно иметь учетную запись и подключение к Интернету. Хранение ваших электронных писем в Интернете означает, что вы можете получить к ним доступ из любого места, просто подключившись к Интернету. Почтовая веб-служба использует многоуровневую архитектуру, и, что наиболее важно, вам не нужно иметь дело с какими-либо конфигурациями.

Клиентская электронная почта – электронные письма хранятся на сервере, а не в сети, так что вы можете перечитывать их без доступа в Интернет. Однако у вас должно быть приложение, подключенное к службе и управляющее конфигурациями, и вы можете получить доступ к своей электронной почте только со своего устройства, в отличие от веб-службы электронной почты. Более того, клиентская почтовая служба использует двухуровневую архитектуру, поэтому проблем с безопасностью меньше по сравнению с веб-почтовой службой.

2. Угрозы безопасности электронной почты

Безопасность электронной почты основывается на принципах хорошего планирования, управления и ИТ-инфраструктуры. При правильном планировании, управлении системой и постоянном

мониторинге организации могут реализовать и поддерживать эффективную безопасность.

Угрозы безопасности электронной почты продолжают оставаться одними из самых больших рисков для организаций по всему миру. В системах электронной почты существует много угроз, таких как:

- Конфиденциальность сообщений;
- Блокировка доставки сообщения;
- Изменение содержания и источника сообщения;
- Изменение содержания и источника сообщения посторонним или получателем;
- Отказ передачи сообщения;
- Перехват сообщений и последующее использование [2].

Вредоносные электронные письма

Вредоносные электронные письма – содержащий программы или файл, который может повлиять на работу устройства или нанести ущерб данным без разрешения. Это опасно для безопасности электронной почты, они могут включать вирусы, троянские программы, черви и шпионское программы. Злоумышленник обычно использует электронную почту, чтобы обеспечить их доставку целевому пользователю. Опасность заключается в его способности, в случае успешного использования, взять под контроль устройство или даже всю сеть, применив повышенные привилегии к системе.

Фишинговые электронные письма – вид интернет-мошенничества, цель которого получить идентификационные данные пользователей. Представляет собой пришедшие на почту поддельные уведомления от банков, провайдеров, платежных систем и других организаций о том, что по какой-либо причине получателю срочно нужно передать / обновить личные данные. Если мошенники получат эту информацию, они могут получить доступ к вашей электронной почте, банку или другим счетам.

Спам письма – это рассылка писем без согласия получателя. Спам – одна из основных проблем сегодняшнего дня, приносящая финансовый ущерб компаниям и раздражающая пользователей электронной почты. Щелчок по ссылкам в спам-сообщениях может направить пользователей на фишинговые веб-сайты или места, зараженные вредоносными программами. Спам – серьезная проблема, которая потенциально угрожает дальнейшему использованию услуг электронной почты. Спам, являющийся носителем вредоносного ПО, вызывает распространение нежелательной рекламы, схем мошенничества, фишинговых сообщений, откровенного содержания, пропаганды и т.д.

По результатам отчетов лаборатории Касперского доля спам писем в мировом почтовом трафике распределяется следующим образом:

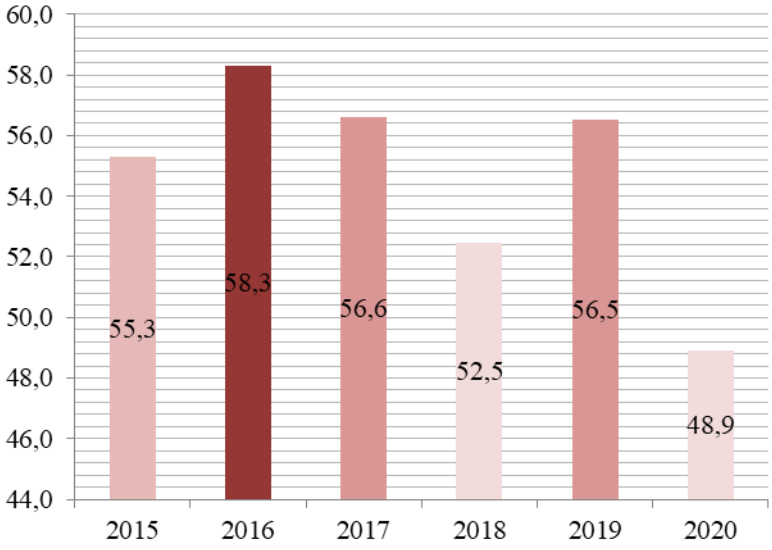


Рис. 2. Статистика доли спама в мировом трафике

3. Протоколы безопасности почтовых сервисов

Протокол безопасности электронной почты отвечает за защиту сообщений электронной почты и паролей. Это обеспечивает конфиденциальность клиентов. Некоторые провайдеры электронной почты поддерживают безопасные почтовые протоколы. Протокол защиты транспортного уровня предотвращает спуфинг и перехват сообщений между почтовыми серверами. Он используется для обеспечения конфиденциальности в Интернете и аутентификации конечного пользователя.

Для обеспечения безопасности сообщений электронной почты используются отдельные протоколы, такие как PGP и S/MIME. Два протокола могут использоваться для обеспечения функций безопасности электронной почты, связанных с целостностью сообщения, конфиденциальностью, аутентификацией и предотвращением отказа от авторства.

Протокол S/MIME(Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions) считается расширением MIME, обеспечивает аутентификацию

(цифровая подпись) и конфиденциальность (шифрования). S / MIME – это не специальный программный продукт, а стандарт, предназначенный для внедрения различными поставщиками электронной почты, чтобы любые два почтовых клиента, поддерживающих S / MIME, могли безопасно обмениваться данными.

PGP(Pretty Good Privacy) можно определить как криптографический пакет, который обеспечивает конфиденциальность и аутентификацию данных для передачи. PGP используется для подписи, шифрования и дешифрования текстов, электронных писем, а также для повышения безопасности сообщений электронной почты. Шифрование содержимого сообщения происходит непосредственно на пользовательском устройстве с использованием открытого ключа получателя. Чтобы гарантировать, что содержимое сообщения не изменилось во время передачи, сообщение может быть подписано цифровой подписью. Формирования подписи сообщения происходит в момент отправки и подписывается уникальным закрытым ключом отправителя. Проверка происходит на устройстве получателя с использованием открытого ключа отправителя для проверки подписи, дешифрования производится закрытом ключом пользователя [3].

Почта с идентификацией ключа домена (Domain Keys Identified Mail) это протокол подписи электронной почты на основе криптографии, предназначенный для аутентификации электронной почты, авторизации и целостности на уровне домена в SMTP. Отправитель генерирует пару открытых и закрытых ключей для каждого почтового агента, публикует открытые ключи и политики в DNS. Получатель проверяет подпись, сравнивая ее с открытым ключом отправляющего почтового агента, доступным через DNS. Вполне возможно, что подпись проверяется промежуточными доменами перед ее пересылкой на следующий переход. В протоколе не применяется шифрование [4].

Таблица 1

Сравнение протоколов безопасности электронной почты

Функции	**S/MIME**	**DKIM**
Стандарт	RFC 3851	RFC 4871
Защита от подслушивания	Да	Нет
Прозрачен для пользователя	Нет	Да
Сообщение доступно для ESP	Нет	Да

Окончание таблицы 1

Функции	S/MIME	DKIM
Конфиденциальность сообщений	Да	Нет
Тип аутентификации	Индивидуальный	Доменный
Тип сертификата	X.509	Нет спецификаций
Целостность сообщения	Да	Да
Доступ к веб-почте	Ограничено	Да
Неотказуемость	Да	Нет
Мобильность электронной почты	Ограничено	Да

4. Методы фильтрации спам писем

Фильтры спамов реализованы на всех уровнях, брандмауэр расположен перед почтовым сервером или у почтового агента, почтовый сервер обеспечивает интегрированное решение для защиты от спама и вирусов, предлагая полную защиту электронной почты на сетевом уровне. На уровне агента доставки почты также могут быть установлены спам-фильтры в качестве услуги для всех их клиентов. В почтовом клиенте пользователь может иметь персонализированный спам-фильтр, который затем автоматически фильтрует почту в соответствии с выбранными критериями.

Сегодня разработаны ряд технологий для создания методов фильтрации нежелательных писем. Все технологии можно разделить на настраиваемые вручную и интеллектуальные. Настраиваемые вручную фильтры основаны на списках доступа и настраиваются непосредственно пользователем, который выбирает либо нежелательные адреса с политикой пропускания черного списка, либо разрешенные адреса с политикой пропуска белого списка. Однако ручные методы фильтрации спама неэффективны и требуют постоянного обновления списков доступа. Фильтры на основе интеллектуальных технологий требуют обучения только на начальном этапе, далее обучение производится самостоятельно. Другой подход, который в последнее время стал более распространенным, – это использование нейронных сетей [5].

Фильтр черного списка: черные списки – один из самых популярных типов фильтрации спама. Черные списки – это записи адресов электронной почты или IP-адресов, которые ранее

использовались для рассылки спама. Когда приходит входящее сообщение, фильтр спама проверяет, находится ли его IP или адрес электронной почты в черном списке, сообщение считается спамом и отклоняется. В этом методе нельзя сравнивать адрес электронной почты нового отправителя, который не внесен в черный список.

Фильтр белого списка: белые списки – полная противоположность черным спискам. Адреса электронной почты, сохраненные в адресной книге, автоматически попадают в «белый список». Сканирование белого списка помогает блокировать нежелательные сообщения и разрешать только действительные письма, но это не всегда может быть подходящее письмо. В этой системе адрес электронной почты неизвестного отправителя проверяется по базе данных; если у них нет истории спама, их сообщение отправляется в белые списки получателя, которые используются для минимизации ложных срабатываний.

Фильтр серого списка: методы фильтрации спама используют тот факт, что многие спамеры пытаются отправить пакет нежелательной почты только один раз. В системе принимающий почтовый сервер первоначально отклоняет сообщения от неизвестных пользователей и отправляет сообщение об ошибке исходному серверу. Если почтовый сервер пытается отправить сообщение во второй раз, который предпримет большинство легитимных серверов, – метод предполагает, что сообщение не является спамом, и позволяет ему попасть в почтовый ящик получателя. На этом этапе фильтр добавит адрес электронной почты или IP-адрес получателя в список разрешенных отправителей.

Фильтр на основе URL-адреса: метод фильтрации спама на основе URL-адреса. В этом случае входящий URL-адрес сначала проверяется на то, является ли он законным или нет, и, если он обнаружен, ему разрешается отправить почту в почтовый ящик получателей. Таким образом создается репозиторий из этих URL-адресов, который можно время от времени проверять и обновлять.

Фильтрация на основе содержимого выполняет детальную проверку концепции сообщения электронной почты и помогает идентифицировать спам-сообщения. Фильтрация на основе содержимого может быть реализована посредством простого сопоставления текстового шаблона или посредством статистической индикации вероятности. Фильтры на основе содержимого могут классифицировать электронную почту как спам или легитимную, исследуя содержимое электронной почты. Обычно он используется для создания правил автоматической фильтрации и классификации электронных писем с использованием подходов машинного обучения, таких как наивная байесовская классификация, поддержка фильтров на

основе правил, векторная машина, искусственная нейронная сеть. Этот метод обычно анализирует слова, вхождение и распределение слов и фраз в содержимом электронных писем и затем использует сгенерированные правила для фильтрации входящего спама.

Фильтр спама на основе слов – это простейший тип фильтра на основе содержимого. Вообще говоря, фильтры на основе слов просто блокируют любое электронное письмо, содержащее определенные термины. Поскольку многие спам-сообщения содержат термины, которые не часто встречаются в личных или деловых сообщениях, фильтры слов могут быть простым, но действенным методом борьбы с нежелательной электронной почтой. Однако, если они настроены на блокировку сообщений, содержащих более общие слова, эти типы фильтров могут генерировать ложные срабатывания [6].

Байесовская фильтрация спама – метод для фильтрации спама, основанный на применении наивного байесовского классификатора, в основе которого лежит применение теоремы Байеса. При обучении фильтра для каждого встреченного в письмах слова высчитывается и сохраняется его «вес» – оценка вероятности того, что письмо с этим словом – спам. В простейшем случае в качестве оценки используется частота: «появлений в спаме / появлений всего». В более сложных случаях возможна предварительная обработка текста: приведение слов в начальную форму, удаление служебных слов, вычисление «веса» для целых фраз. Теорема Байеса используется несколько раз:

– в первый раз, чтобы вычислить вероятность, того что сообщение – спам, зная, что данное слово появляется в этом сообщении;

– во второй раз, чтобы вычислить вероятность, что сообщение – спам, учитывая все его слова (или соответствующие их подмножества);

– иногда в третий раз, когда встречаются сообщения с редкими словами.

Нейронные сети – анализ ключевых характеристик нейронной сетью напоминает байесовскую фильтрацию спама, где для каждого слова или словосочетания можно установить коэффициент определения письма как спам. Однако, в отличие от байесовского фильтра, здесь коэффициенты – это веса между нейронами сети, способные динамически изменяться в процессе обучения, что позволяет эффективно обнаруживать новый и ранее неизвестный спам за счет умения нейронной сети обобщать накопленный опыт. Нейронные сети внешне похожи на Наивный байесовский классификатор, но структурно различаются [7].

Таблица 2

Сравнение протоколов безопасности электронной почты

Спам фильтр	Подходящее состояние	Недостаток
Черный список	если подозреваемые спам IP-адреса являются фиксированными или известными	обнаружение подозреваемых IP-адресов затруднено и содержит ошибки
Список в реальном времени	если IP-адреса, подозреваемые в спаме, являются фиксированными или известными, и третья сторона надежна.	обнаружение подозреваемых IP-адресов затруднено и содержит ошибки
Белый список	если подозреваемые спам IP-адреса исправлены	неизвестная подлинная почта может быть объявлена спамом
Серый список	если доверенный отправитель всегда отправляет сообщение два раза	если доверенный отправитель не отправит сообщение два раза, почта будет потеряна.
Фильтр на основе слов	подозреваемые ключевые слова известны	подлинная почта может содержать подозрительные ключевые слова
Байесовский фильтр	подозреваемые ключевые слова известны своей вероятностью спама	подлинная почта может содержать подозрительные ключевые слова
Нейронные сети	подозреваемые ключевые слова известны и доступна лучшая эвристическая функция	подлинная почта может содержать подозрительные ключевые слова

Заключение

В этой работе были рассмотрены угрозы почтовых служб, протоколы безопасности и методы фильтрации спамов. Систем и методов по обнаружению и распознаванию спам писем электронной

почты главной целью является обеспечение целостность данных и конфиденциальность личных данных пользователей. Среди методов, применяемых для фильтрации данных, а в частности электронной почты и сообщений, имеется множество как производительных, но имеющих высокую вероятность ложного срабатывания, так и точных. Совместное использование нейронных сетей с классическими алгоритмами позволяет уменьшить количество спам писем, а также уменьшить вероятность их пропуска фильтром.

Список литературы

1. Stine, K. E-mail security. An overview of threats and safeguards / K.Stine, M.Scholl // Journal of American Health Information Management Association. – United States of America, April 81-4, 2010. – P. 28-30.
2. Choudhary, S. E-mail Security: Issues and Solutions / S.Choudhary, R.Ghusinga // International Journal of Computer Information Systems. – India, October 7-4, 2013. – P. 42-46.
3. Rawdhan, F. Enhancement of Email Security Services / F.Rawdhan, M.Ibrahim // International Journal of Scientific & Engineering Research. – India, January 8-1, 2017. – P. 2090-2098.
4. Tariq, M. Effectiveness and limitations of e-mail security protocols / M. Tariq // International Journal of Distributed and Parallel Systems. – India, May 2-3, 2011. – P. 38-49.
5. Hasib, S. Anti-Spam Methodologies: A Comparative Study / S.Hasib, M.Motwani, A.Saxena // International Journal of Computer Science and Information Technologies. – India, December 3-6, 2012. – P. 5341-5345
6. Somvanshi, D. Spam e-mails filtering techniques/ D.Somvanshi, K.Doke // International Journal of Technical Research and Applications. – India, December 4-6, 2016. – P. 7-11.
7. Anitha, P. A Survey On: E-mail Spam Messages and Bayesian Approach for Spam Filtering / P. Anitha, C. Guru Rao, T. Sireesha // International Journal of Advanced Engineering and Global Technology. – South Africa, October 1-3, 2013. – P. 124-136.

Вербальная модель процесса защиты SMTP-сервера от сетевой разведки

А. А. Горбачев, e-mail: druzhochek123@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М.Штеменко

Аннотация. *Защита серверов электронной почты клиент-серверных информационных сетей специального назначения от деструктивных воздействий является важной задачей обеспечения информационной безопасности. В статье приведена вербальная модель процесса проактивной защиты сервера электронной почты от сетевой разведки.*

Ключевые слова: *электронная почта, SMTP-сервер, сетевая разведка, проактивная защита.*

Введение

В настоящее время защита клиент-серверных информационных сетей специального назначения от сетевой разведки приобретает все большее значение. Активизация разведывательной деятельности обусловлена совокупностью существующих факторов и условий, влияющих на информационную безопасность клиент-серверных информационных сетей специального назначения, таких как, открытость протоколов обмена информацией и архитектуры объектов информатизации, наличие техники иностранного производства, входящих в состав объектов информатизации, непрерывное развитие технологий и эволюция информационных потребностей пользователей.

Существующие реактивные методы защиты информации от сетевой разведки, базирующиеся на реагировании (обнаружении, оповещении и блокировании несанкционированных воздействий) на факт ведения сетевой разведки, а также на организационно-запрещающих регламентах, недостаточно эффективны по отношению к динамично развивающимся методам и средствам сетевой разведки [1-8].

Одним из перспективных направлений противодействия средствам сетевой разведки является применение сетевых «ловушек» («network tarpits»), активно воздействующих на средства сетевой разведки, замедляющих работу и истощающих вычислительный ресурс средств разведки (так называемые «проактивные» средства защиты информационных систем) [9-11].

© Горбачев А. А., 2021

С целью выбора оптимальных параметров функционирования средств проактивной защиты клиент-серверных информационных сетей специального назначения существует необходимость разработки вербальной модели процесса защиты SMTP-сервера от сетевой разведки.

1. Разработка вербальной модели процесса защиты SMTP-сервера

Область применения. Модель может быть использована в информационных системах передачи электронной почты, функционирующих на основе стека сетевых протоколов TCP/IP, с целью снижения результативности сетевой разведки.

Постановка задачи. Принцип работы системы передачи электронной почты основан на простом протоколе передачи электронной почты SMTP («Simple Mail Transfer Protocol») прикладного уровня стека протоколов TCP/IP. Базовая схема работы системы передачи электронной почты представлена на рисунке 1.

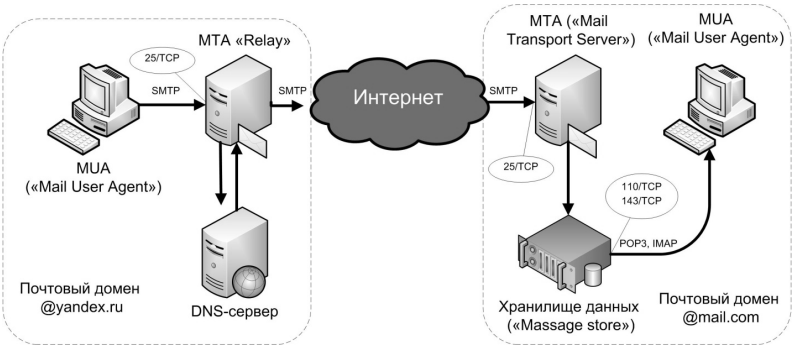


Рис. 1. Принципиальная схема работы системы электронной почты

Когда у клиента имеется почтовое сообщение для передачи, он организует двусторонний канал связи с сервером SMTP, инициализируя TCP-соединение с 25 портом сервера. Передача почтовых сообщений от пользовательского почтового агента клиента («Mail User Agent») почтовому серверу или агенту доставки почты («Mail Transfer Agent»), а также между промежуточными агентами доставки почты («MTA Relay») осуществляется по протоколу SMTP. Адресация почтовых сообщений основана на использовании клиентом идентификаторов (имен) почтовых доменов получателя сообщения, к примеру, «IvanPetrov@mail.com». Маршрутизация сообщений осуществляется на основе MX-записей («Mail eXchenge») в службе DNS, где имени домена электронной почты

соответствует доменное имя почтового сервера. Получение электронных сообщений пользовательским почтовым агентом адресата осуществляется с использованием протоколов POP3 или IMAP с организацией TCP-соединения через порты 110 и 143 соответственно.

Основными информационными угрозами для системы передачи электронной почты является массовая рассылка спама, сканирование сети и сетевая атака типа «отказ в обслуживании», которые строго говоря, взаимосвязаны друг с другом [12-17]. «Спам» – это массовая рассылка корреспонденции рекламного характера лицам, не выражавшим желание ее получать. Распространение массовой рассылки нежелательной электронной почты влияет на все рассмотренные элементы системы электронной почты, в частности, замедляет работу агентов доставки почты, заполняет хранилища данных, снижает пропускную способность сети, что может привести к отказу в обслуживании клиентов. Также под распространением спама может быть замаскировано распространение вредоносного программного обеспечения, так как спам-сообщения имеют сложную структуру для обхода системы фильтрации почтовых серверов, схожую со структурой вирусов.

Описание структуры модели. Разработанная модель описывает процесс защиты клиент-серверных информационных сетей специального назначения от сетевой разведки за счет применения методов проактивной защиты, имитирующих канал связи с плохим качеством. Имитация осуществляется с использованием различных механизмов замедления сетевого соединения между злоумышленником и SMTP-сервером в ходе почтовой транзакции [18-23]. К примеру, одним из механизмов замедления почтовой транзакции является использование специального формата откликов сервера в ходе сеанса связи. В соответствии со спецификацией протокола SMTP сеанс связи между сервером и клиентом осуществляется в текстовом режиме с использованием следующих основных команд: EHLO, MAIL, RCPT, DATA [24-30].

Сервер отвечает на команды клиента откликами с особым форматом командных строк, где первые три цифры представляют собой код отклика, а следующая часть строки состоит из осмысленного текста (комментария). Если между кодом и текстом отклика установлен пробел, то сервер закончил свой ответ, если дефис, то клиент должен ожидать от сервера дополнительные командные строки, то есть сервер возвращает многострочный отклик. На рисунке 2 представлен пример SMTP-сессии, где строки с 5 по 10 являются многострочным откликом.

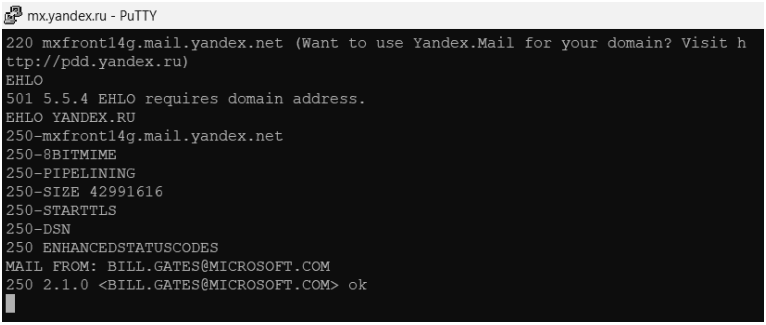


Рис. 2. Пример SMTP-сессии при отправке почтовых сообщений

На рисунке 3 представлена обобщенная блок-схема, включающая действия злоумышленника и противодействие им со стороны средств проактивной защиты SMTP-сервера, составляющая основу вербальной модели защиты SMTP-сервера от сетевой разведки.

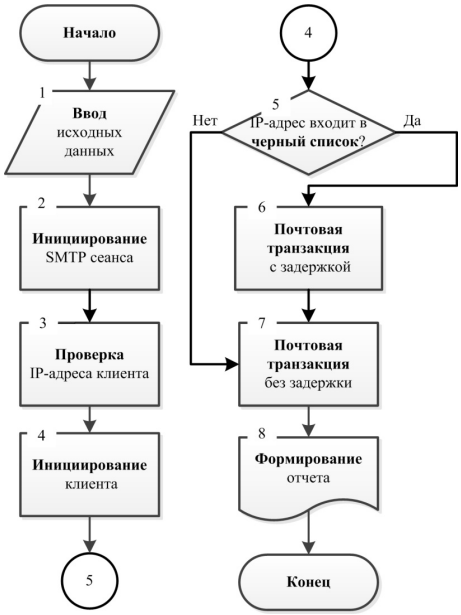


Рис. 3. Обобщенная блок-схема, включающая действия злоумышленника и противодействие им со стороны средств проактивной защиты SMTP-сервера

На первоначальном этапе настройки осуществляются записи в конфигурационном файле (блок 1): в «черном списке», сформированном по аналогии с таблицей маршрутизации статически осуществляется запись адресных пространств известных IP-адресов спамеров, устанавливаются величины задержки между отправкой строк многострочных откликов, определяется максимальное количество рабочих портов и другие конфигурационные данные.

На следующем этапе происходит инициировании сеанса с использованием протокола TCP и сетевого порта сервиса электронной почты 25 (блок 2).

Далее происходит проверка IP-адреса почтового клиента в соответствии с таблицей адресов источников распространения спама (блок 3).

На следующем этапе происходит инициирование клиента посредством получения запроса «EHLO (HELO)» (блок 4).

Далее, если IP-адрес не содержится в таблице (блок 5), то почтовая транзакция осуществляется без реализации задержек в многострочных откликах сервера (блок 7).

Если сопоставляемый IP-адрес содержится в таблице «черного списка», то реализуется механизм задержки многострочных откликов сервера, после инициирования клиента программной оболочной перехватываются многострочные отклики и направляются клиенту с заданной величиной задержки (блок 6).

Величина задержки может колебаться от нескольких секунд до нескольких дней, исчерпывая вычислительные и временные ресурсы злоумышленников. На заключительном этапе происходит фиксация результатов почтовой транзакции (блок 8).

Тем не менее, различные виды средств проактивной защиты имеют свои недостатки: несовершенный механизм идентификации злоумышленника, а именно – использование статических записей в таблице, наличие демаскирующих признаков, ограниченное воздействие ловушки на распределенную сеть спам-ботов и другие.

Разработанная вербальная модель защиты сервера передачи электронной почты от сетевой разведки за счет использования средств проактивной защиты позволяет составить математическую модель исследуемого процесса с целью определения оптимальных параметров и режимов функционирования средств защиты.

Дальнейшие исследования в данном направлении автор предполагает сосредоточить на разработке математической модели способа защиты клиент-серверных информационных систем от сетевой разведки с использованием аппарата случайных процессов.

Заключение

Таким образом, разработанная вербальная модель позволяет перейти к разработке математической модели функционирования SMTP-сервера в условиях воздействия средств сетевой разведки с целью формирования требований к техническим характеристикам средств проактивной защиты и определения оптимальных и режимов их функционирования.

Список литературы

1. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, Д. Н. Орехов, С. П. Соколовский // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50–99.
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, 2018. – С. 47–52.
3. 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.
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. 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.
6. 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.
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. 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.

9. Ворончихин, И. С. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И.С. Ворончихин [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92–101.

10. 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" (BIT 2017). (Москва, 6-7 декабря 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 83-87.

11. 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 Information Technologies" (BIT 2017). (Москва, 6-7 декабря 2017 г.). – Москва, 2017. – С. 59-65.

12. Искольный, Б. Б. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Б. Б. Искольный, Р.В.Максимов, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82.

13. Максимов, Р. В. Алгоритм и технические решения динамического конфигурирования клиент-серверных вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Труды СПИИРАН. – 2020. – Т. 19. – № 5. – С. 1018-1049.

14. 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 : сб. тр. XXIV Международной научно-технической конференции. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 169-179.

15. 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-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей "VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос" (Краснодар, 12-13 апреля 2018 г.). – Краснодар, 2018. – С. 299-304.

16. Гаврилов, А. Л. Способы снижения информативности демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / А. Л. Гаврилов, Д. Н. Орехов, С.П. Соколовский // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 211-220.

17. Катунцев С. Л. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов, С.П. Соколовский // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 239-248.

18. Моделирование системы конфликтных взаимодействий в информационной системе критического применения / С. С. Кочедыков [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 4. – С. 74-84.

19. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам / С. П. Соколовский [и др.] // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3. – С. 70-73.

20. Душкин, А. В. Способ распознавания вредоносных воздействий на информационную систему / А.В. Душкин, В.Н.Похващев, С. П. Соколовский // Телекоммуникации. – 2011. – № 10. – С. 25-28.

21. Усов, Н. А. Моделирование процесса функционирования устройства выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему / Н. А. Усов, С.П.Соколовский // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XV Международной научно-методической конференции (Воронеж, 12-13 февраля 2015 г.). – Воронеж, 2015. – С. 224-227.

22. Душкин, А. В. Нейросетевая реализация модуля выявления несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения / А.В.Душкин, С. П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 123-126.

23. 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 : материалы XVI Международной научно-методической конференции (Воронеж, 11-12 февраля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 259-264.

24. Результаты анализа способов компрометации средств защиты информации / А. Л. Гаврилов [и др.] // Технические и технологические системы : материалы девятой Международной научной конференции «ТТС-17» (Краснодар, 22-24 ноября 2017 г.). – Краснодар, 2017. – С. 117–121.

25. Разработка программного обеспечения для оценки бескомпроматности средств сетевой защиты / А. Л. Гаврилов [и др.] // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVIII международной научно-методической конференции (Воронеж, 8-9 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – Т. 4. – С. 91–95.

26. Разработка программного обеспечения для компрометации средств сетевой разведки / С. П. Соколовский [и др.] // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей "VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос" (Краснодар, 12-13 апреля 2018 г.). – Краснодар, 2018. – С. 264-268.

27. Душкин, А. В. Особенности оценки времени противодействия несанкционированным воздействиям на информационные телекоммуникационные системы / А. В. Душкин, М. Ю. Петшауэр, С.П.Соколовский // Информация и безопасность. – 2009. – № 2. – С. 305-308.

28. Душкин, А. В. Модель функционирования системы распознавания угроз безопасности информационно-телекоммуникационной системе / А. В. Душкин, С. В. Скрыль, С.П.Соколовский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2006. – № 12. – С. 167-170.

29. Душкин, А. В. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / А. В. Душкин, В.Н. Похващев, С. П. Соколовский // Информация и безопасность. – 2010. – № 1. – С. 97-102.

30. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / А. С. Дубровин [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

Распределенная система защитных механизмов программного комплекса «Голосовая почта» на базе структуризации звукового потока волн

А. И. Думанский, email: dum_a_i@inbox.ru
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
М. В. Зеленова, email: businkakatilas@mail.ru
К. А. Лазунин, email: 07121917@mail.ru
М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *На сегодняшний день в мире функционирует большое количество программных средств для обеспечения голосового общения пользователей через Интернет. Они обеспечивают высокий уровень качества, доступности и беспрерывности связи. Однако остается главный вопрос защищенности передаваемой личной информации пользователей от злоумышленников, которые имеют широкий перечень программных средств, инструментов, знаний и навыков в вопросах возможных уязвимостей аппаратно-программных средств. Они перехватывают, удаляют, изменяют и используют в корыстных целях конфиденциальную информацию пользователей. Задавшись вопросом о первопричине такой ситуации, был проанализирован весь путь перемещения информации и были определены возможные точки уязвимостей при приеме и передаче информации. Было констатировано, что необходимо защищать не только саму передаваемую информацию, но и программные средства. Кроме этого, необходимо рассредоточить зоны ответственности при передаче информации между участвующими сторонами, что возможно только при индивидуализации программных продуктов. Речь идет о единственности существования экземпляра программы, предоставляемой пользователю при сохранении общей сущности выполняемого алгоритма. Безусловно, предполагается соблюдение определенных условий внешнего характера, включая юридическую и организационную поддержку, выходящую за рамки компетенции специалистов программной отрасли. Для отработки предложенных моделей функционирования, методов защиты и других решений был реализован модельный программный комплекс «Голосовая почта».*

© Думанский А. И., Балакирев Н. Е., Зеленова М. В., Лазунин К. А., Фадеев М. М., 2021

Ключевые слова: *голосовая почта, конфиденциальная информация, голосовое общение, методы защиты, индивидуализация программы.*

Введение

Массовый переход к использованию программных средств требует от производителей всё более пристального внимания к выявлению уязвимостей с целью выработки защиты от несанкционированных угроз и различных утечек. Можно привести множество примеров утечек конфиденциальной информации, и с каждым годом их количество и величина наносимого пользователю ущерба растут.

Наиболее критичными с точки зрения защиты информации являются системы, которые обеспечивают коммуникацию между отдельными пользователями либо группами пользователей. Утечка конфиденциальной информации может произойти в момент отправки сообщения («прослушка»), в момент передачи по линии связи к серверу (присоединение к линии), перехват на поле сервера, при передаче по линии связи к получателю (присоединение). Кроме этого, её могут передать злоумышленникам сами участниками общения или программы-«жучки», находящиеся на их компьютерах. Таким образом, в случае попытки найти точку утечки информации, если не касаться чисто технической стороны, источником расследования может быть сам файл (протокол передачи информации) и программный продукт, который является одной из копий, возможно, миллиона экземпляров одной программы. Отдельным вопросом является вмешательство в коммуникацию «пранкеров» (телефонных хулиганов), выступающих в качестве подставных лиц на принимающей или передающей стороне, что также находится в контексте выше обозначенных проблем. Отсутствие четко определенных мер ответственности за неправомерные действия в отношении к конфиденциальной информации усложняет применение наказания к злоумышленникам.

Для обеспечения всесторонней защиты конфиденциальной информации пользователя необходимо выполнить следующие действия:

1. Обеспечить два вида защиты информации (в нашем случае голосовой): защиту в виде кодирования и защиту в виде маркировки самой информации (нанесения водяного знака).
2. Обеспечить два вида защиты программ: защитить ее от анализа и индивидуализировать для привязки экземпляра программы к конкретному пользователю.
3. Обеспечить одновременную взаимозависимость участвующих сторон (отсутствие одной из сторон блокирует весь процесс) и

распределение ответственности в случае утечки информации при наличии подтверждающей документальной информации.

4. Описать и сертифицировать способы идентификации утечки в каждой функциональной точке передачи информации.

В качестве модели для отработки предлагаемых действий был реализован модельный программный комплекс (МПК) «Голосовая почта», в который по мере осмысления проблемы включались необходимые механизмы защиты. Система изначально проектировалась с учетом модели уязвимостей, полученной после глубокого анализа фактов утечки информации. Традиционная схема построения приема передачи уже всего комплекса МПК формировалась на выше указанных требованиях, но была расширена отдельной подсистемой Депозитария, которая должна, как мы понимаем, юридическо-организационными решениями легализована в жизнь.

2. Обеспечение защиты информации

Общая структура МПК «Голосовая почта» представлена на рисунке.

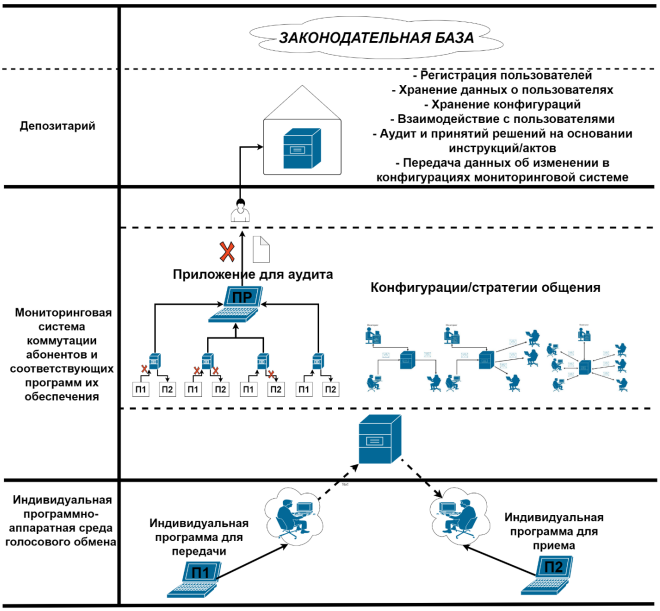


Рисунок. Модель конфиденциального речевого общения программной системы «Голосовая почта»

Защита передаваемой информации основывается на структуризации последовательности амплитуд в рамках логико-лингвистического подхода, которая фактически сжимает информацию и соответствует кодированию с потерями. Обратная операция восстановления практически не заметна относительно воспроизведения и имеет менее 10% отличающихся значений амплитуд. Объем передаваемой информации уменьшается в 2,5-10 раз, и таким образом экономится трафик. При передаче информации структура имеет персональное наполнение, которое относится к программе, которая структурирует входную информацию. Таким образом, имеем индивидуализацию передаваемых данных, которые восстанавливаются только той программой, которая создана под такие данные. Отсюда становится понятным, что прием и передача связаны в единую цепочку: должна быть программа, которая формирует структурные данные, эти данные имеют уникальное содержание, которое может быть раскрыто только уникальной программой. Одна программа на передающей стороне, другая на принимающей стороне, а по линии связи потоки каждый раз разных уникальных данных.

Для определения принадлежности передаваемой информации используется механизм нанесения «водяных знаков». Здесь снова используются получаемые структуры, которые позволяют логично и целенаправленно вносить маркеры и не нарушать качество воспроизведения ввиду внесения ничтожно малых изменений. Стоит заметить, что запись, сделанная сторонними устройствами, будет отличаться от той, которая будет передаваться по линии связи. Таким образом, сравнивая эти две записи, можно говорить о внешней «прослушке». Здесь также возможно варьировать маркеры и даже идентифицировать владельца информации.

Восстановленная информация может терять маркировку или же наоборот иметь другой вид маркирования. Таким образом, можно обеспечить отдельный вид маркировки при передаче и при приеме. На стороне сервера никаких действий не требуется, так он выступает в качестве коммутатора и непосредственного доступа данным не имеет. Всё это дает возможность документального подтверждения утечки информации и может служить доказательной базой факта утечки и установления «места» утечки.

3. Первопричина уязвимости при использовании программных продуктов и данных

Акцентируя внимание на информационной безопасности, подавляющее большинство специалистов области сосредотачивают внимание на конкретике противодействия возникающим угрозам, не

пытаясь взглянуть в суть или корень порождения таких угроз. Поняв это, можно найти более эффективные способы решения и преодоления этой проблемы исходя из более глубокого понимания сущности информационной отрасли, как специфической отрасли хозяйствования.

При акцентировании внимания на особенностях продукта в рассматриваемой информационной отрасли, следует сопоставить его с производством технических средств. Оба вида деятельности связаны с производством продукта, предназначенного для использования потребителем, но между ними громадная пропасть. Сравнение характеристик приведено в таблице.

Таблица

Сравнение характеристик технических средств и программных продуктов

№	Техническое средство	Программный продукт
1	Материальность	Виртуальность
2	Автономность	Общеплатформенность и сетевая общесвязанность
3	Уникальность производства и проектирования (но с типовыми решениями)	Единые технологичные решения
4	Различимость отдельного продукта	Неотличимость и клонируемость продуктов
5	Проблема тиражирования, требующая времени и мат. ресурсов	Быстрая скорость тиражирования
6	Реальность владения	Виртуальность владения (размытость границ)
7	Зависимость от условий	Независимость от условий
8	Требование квалификации при производстве и эксплуатации	Тиражирование и использование любым грамотным пользователем

Различия между двумя видами деятельности очевидны. Соответственно, совсем другой взгляд должен быть на характер владения, эксплуатации и защищенности. Виртуальность продукта и его обобщенность (один и тот же тиражируемый экземпляр) не позволяет в полной мере говорить о персональном владении, о путях утечки продукта, о претензиях на несоответствие заявленному качеству и многое другое.

Особая сущность информационной обработки и **создания продукта** лежит в основе всех рассмотренных аспектов. Вряд ли можно

переориентировать информационную отрасль, чтобы она повторила техническое производство. Но, рассматривая более внимательно пункты 4 и 6 таблицы, можно заметить, что они взаимозависимы. Если предположить, что для каждого пользователя создается программа, которая индивидуальна по своему внутреннему коду, то её как штрих-код можно было ассоциировать с владельцем.

Именно индивидуализация программы стала основой для создания всего МПК, и через программу реализуется механизм индивидуального наполнения структур. Указанная индивидуализации реализуется через механизм перемешивания независимых блоков с помощью операторов, реализованных макросредствами.

4. Защита программ от анализа и взлома

В ходе реализации программного комплекса наиболее важные функции системы реализовывались на языке ассемблера с использованием макросредств в виде процедур DLL. Это существенно затрудняет вскрытие логики работы программы.

Кроме этого, была опробовано расширение системы команд архитектуры Intel, в которой был введен механизм анклавов [7, 8]. Наиболее важные процедуры и данные были помещены в анклав. Но существенным моментом является то, что данное дополнение не имеет пока широкого распространения, и такие программы будут функционировать только на ограниченном множестве установок.

Отдельный вопрос касается **индивидуализации программ**. Вполне понятно, что программу, написанную на языке высокого уровня, трудно модифицировать при сложившихся технологиях.

5. Распределение ответственности между участвующими сторонами и их взаимозависимость

Вышеуказанные возможности дают гарантию защиты от любого вмешательства в процесс приема-передачи и гарантии обнаружения возможных утечек. Для увеличения степени надежности на передающей стороне хранится полный комплект программных средств и программа восстановления, которая поступает к принимающей стороне вместе с информацией. Происходит восстановление звукового потока и воспроизведение. Затем вся информация может быть уничтожена. Принимающая сторона, желающая выступать в роли передающей, получает собственный индивидуальный комплект с собственным способом передачи. Сервер выступает в роли коммутирующей и мониторинговой подсистем, следит за правильностью обращения к услугам системы и имеет возможность дополнительной защиты через коммутацию с передающей программой. При обращении к серверу

открываются определенные идентифицирующие данные, в ответ на которые передается адрес, куда нужно передать управление для продолжения дальнейшей работы. Такая возможность существенно затрудняет анализ программы через отладочные средства.

Дополнительной службой, которая в первую очередь регистрирует и распространяет программные системы приема передачи, является депозитарий. В нем происходит документированная привязка программной системы к конкретному владельцу. Кроме этого, служба может сертифицировать рабочее место и указать возможные угрозы и пределы ответственности и гарантии. Сразу же после регистрации необходимая информация предоставляется коммутационной и мониторинговой системой для обеспечения связи. Данная служба блокирована от сети и обменивается информацией только с помощью специальных съемных носителей для обеспечения гарантированной защиты от интернет-проникновения.

Сертификация рабочего места и предоставление информации о возможных утечках и границах ответственности для каждой из сторон и о предпринимаемых мерах в случае утечки и риска возникновения такой ситуации фактически должна находиться в зоне действия депозитарной службы. Именно она является ключевой подсистемой, которая обеспечивает юридические и организационные мероприятия, разрешает конфликтные ситуации и обобщает мониторинговую информацию для внесения изменений в защитные механизмы с учетом выявленных точек утечки информации.

Заключение

На данный момент обеспечивается полный цикл приема передачи с соответствующей поддержкой индивидуальными программами. Работы по реализации работы депозитария находятся на начальной стадии. Ведутся дополнительные работы по усилению мер защиты. Предлагаемая концепция и модель системы для отработки предложенных решений и проверки надежности защиты при передаче голосовых сообщений может стать прототипом других систем и откроет новые возможности по защите передачи информации в сети Интернет, обеспечит документальную основу в вопросах защиты интеллектуальной собственности в юридических инстанциях.

Список литературы

1. Скляров Д. В. Искусство защиты и взлома информации: монография / Д. В. Скляров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 288 с.

2. Щелкунов Д. А. Автоматическая защита программ от исследования и отладки / Д. А. Щелкунов // Сборник трудов VII

Международ. симпоз. Интеллектуальные системы (INTELS 2006). – Краснодар, 2009. – 221 с.

3. Думанский А. И. Защита программного продукта через его индивидуализацию на примере модели Голосовой почты / А.И.Думанский, Ю. О. Федюк // XLVI Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения»: сборник тезисов докладов, 2020. – С. 294

Модель некогерентного распознавания двоичных сигналов в условиях мешающих отражений и флуктуационных помех

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. *Получены выражения для расчета вероятностных характеристик некогерентного распознавания двоичных сигналов при наличии мешающих отражений и флуктуационных помех. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с известными в одинаковых условиях помеховой обстановки.*

Ключевые слова: *двоичные сигналы, мешающие отражения, некогерентное распознавание, вероятность ошибки.*

Введение

Актуальность проблемы распознавания информационных сигналов в радиотехнических системах различного функционального назначения обусловлена наличием в радиоканалах мешающих радиосигналов, порожденных отражениями радиоволн от посторонних объектов, границ раздела сред и от тропосферных неоднородностей на пути их распространения. При взаимодействии перекрытых во времени информационных и мешающих радиосигналов возникают интерференционные замирания результирующего сигнала, существенно снижающие помехоустойчивость принимаемой информации [1].

Для борьбы с замираниями сигналов используются методы временного или (и) частотного разнесения элементов информационного сигнала, а так же применение широкополосных шумоподобных сигналов (ШПС) с последующей их оптимальной обработкой [2]. Основным недостатком этих методов является увеличение частотно-временного ресурса радиоканала, что не всегда возможно.

Целью данной работы является разработка способа и соответствующей модели некогерентного распознавания двоичных сигналов в условиях мешающих отражений и флуктуационных помех без привлечения дополнительных энергетических и частотно-временных ресурсов радиоканала.

© Евстафиев А. Ф., Евстафиев Ф. А., 2021

1. Структурная схема алгоритма распознавания

Структурная схема алгоритма некогерентного распознавания двоичных сигналов в условиях мешающих отражений и флуктуационных помех при пороговом принятии решения представлена на рис. 1.

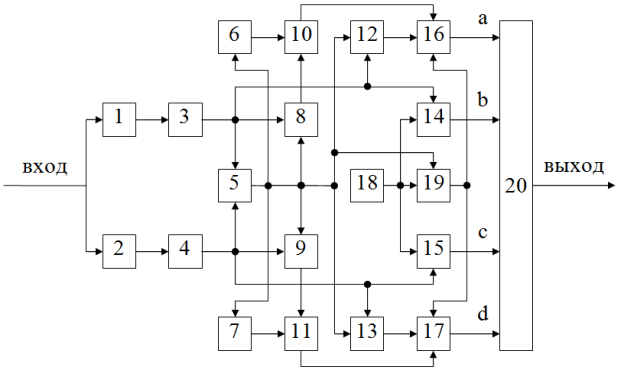


Рис. 1. Структурная схема алгоритма некогерентного распознавания двоичных сигналов в условиях мешающих отражений при пороговом принятии решения

На схеме 1, 2 – фильтры, согласованные с распознаваемыми сигналами; 3, 4 – линейные детекторы огибающих радиосигналов; 5 – устройство оценки моментов времени опорных отсчетов $\tau_{01,2}$; 6, 7 – вычислители коэффициентов корреляции $r_1(\tau_{01})$ и флуктуационных помех на выходах согласованных фильтров в моменты опорных отсчетов; 8, 9 – измерители сигнально-помеховых реализаций $e_1(\tau_{01})$ и $e_2(\tau_{02})$ на выходах фильтров; 10, 11 – вычислители пороговых уровней $П_1(\tau_{01})$ и $П_2(\tau_{02})$; 12, 13, 19 – управляемые элементы задержки на время $\tau_{01,2}$; 14, 15 – постоянные пороговые устройства; 16, 17 – управляемые пороговые устройства; 18 – генератор тактовых импульсов; 20 – решающее устройство.

Таким образом, схема распознавания содержит два симметричных канала обработки сигналов, каждый из которых имеет по два выхода (a, b) и (c, d), которые объединены в общем решающем устройстве. Выходы b и c являются основными, которые реализованы по известной схеме порогового обнаружения сигналов, а выходы a и d являются дополнительными и реализованы схемами обнаружения с применением

управляемых пороговых устройств с использованием дополнительной информации о сигнально-помеховых реализациях, полученных в опорных отсчетах. В результате объединяющее решающее устройство имеет четыре входа, по комбинации наличия и отсутствия сигналов на которых формируется итоговое решение о наличии в канале связи соответствующего сигнала.

2. Математическая модель некогерентного распознавания

Во многих случаях начальная фаза информационного сигнала, как и мешающего, является случайной величиной равновероятно распределенной в интервале $[-\pi, \pi]$. В этом случае необходимо использовать некогерентное распознавание, при котором все операции обработки сигнально-помеховых реализаций осуществляются с их огибающими. Рассмотрим эффективность модели некогерентного распознавания двоичных сигналов при наличии мешающих отражений и флуктуационных помех с использованием двухканальной обработки каждого информационного сигнала.

Пусть распознаваемые выходные радиосигналы первого и второго согласованных фильтров имеют вид

$$e_{1,2}(t) = E_{1,2}(t)\cos(\omega_{01,2}t - \phi_{1,2}),\ 0 \le t \le T_{1,2}, \qquad (1)$$

где $E_{1,2}(t)$, $\omega_{01,2}$, $\varphi_{1,2}$, .. – соответственно, огибающие радиосигналов, их несущие частоты, случайные начальные фазы и длительности, которые принимаются одинаковыми.

Поскольку каналы распознавания идентичны, то будем рассматривать прохождение только одного, например, первого сигнала, а во втором канале в это время будет присутствовать только помеха.

При этом мешающий радиосигнал на выходе первого согласованного фильтра будет определяться выражением:

$$V_1(t) = V_1[t - T(1-\chi_1)]\cos(\omega_{01}t - \phi_1 - \psi_1 - \phi_{01}),$$
$$T(1-\chi_1) \le t \le T(2-\chi_1), \qquad (2)$$

где $V_1(t)$ – огибающая мешающего радиосигнала; $\chi_1 = 1 - t_{01}/T$ – относительное перекрытие информационного и мешающего сигналов с постоянной составляющей времени перекрытия t_{01}; $\varphi_{01} = \omega_{01}t_{01}$ – постоянная начальная фаза; $\psi_1 = \omega_{01}(\pm\Delta t_1)$ – случайная фаза за счет случайной составляющей времени перекрытия Δt_1.

Результирующие амплитуды (огибающие) сигналов в информационном и опорном отсчетах с учетом (1) и (2) будут, соответственно, равны:

$$E_{1p}(0,\chi_1,\psi_1)=\{E_1^2(0)+V_1^2[-T(1-\chi_1)]+$$
$$+2E_1(0)V_1[-T(1-\chi_1)]\cos(\psi_1-\phi_{01})\}^{1/2}, \quad (3)$$

$$E_{2p}(\tau_{01},\psi_1)=E_1(\tau_{01})\left\{2[1+\cos(\psi_1-\phi_{01})]\right\}^{1/2}, \quad (4)$$

где опорный отсчет τ_{01} определяется моментом времени пересечения огибающих информационного и мешающего радиосигналов.

Для получения вероятностных характеристик обнаружения сигнала по основному и дополнительному каналам обработки необходимо оперировать плотностью вероятности огибающей по информационному отсчету и двумерной плотностью вероятности огибающих между информационным и опорным отсчетами при наличии и отсутствии информационного сигнала.

При этом, опуская промежуточные преобразования, можно показать, что вероятность правильного обнаружения сигнала в первом (основном) канале обработки, выраженная через вероятность ложной тревоги P_{1F} при известной мощности флуктуационной помехи P_n на выходе согласованного фильтра, будет равна

$$P_{1Д}(\psi_1)=Q\left(\frac{E_{1p}(0,\chi_1,\psi_1)}{\sqrt{P_n}},\sqrt{-2\ln P_{1F}}\right), \quad (5)$$

где $Q(x,y)$ – табулированная функция Маркума.

Вероятность правильного обнаружения этого же сигнала, выраженная через вероятность ложной тревоги P_{2F} во втором (дополнительном) канале обработки будет равна

$$P_{2Д}(\psi_1)=Q\left(\frac{E_{1p}(0,\chi_1,\psi_1)-r_{01}E_{2p}(\tau_{01},\psi_1)}{\sqrt{P_n(1-r_{01}^2)}},\sqrt{-2\ln P_{2F}}\right), \quad (6)$$

где r_{01} – значение коэффициента корреляции помехи на выходе согласованного фильтра через интервал времени τ_{01}.

Ошибка при распознавании сигналов будет в том случае, если при передаче сигнала $e_1(t)$ регистрируется сигнал $e_2(t)$ и наоборот. При этом предполагается равенство априорных вероятностей передачи информационных символов.

Обозначим через $P_{1Д},...,P_{4Д}$; .. – частные вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги по выходам (a), (b), (c), (d) и предположим, что $\tau_{01}=\tau_{02}=\tau_0$ и $r_1(\tau_{01})=r_2(\tau_{02})=r(\tau_0)$. При этом

вероятности правильного обнаружения сигнала по основным и дополнительным каналам обработки будут, соответственно, равны $P_{1Д} = P_{3Д}$; $P_{2Д} = P_{4Д}$. Обеспечим также равенство частных вероятностей ложной тревоги в каналах обработки: $P_{1F} = ... = P_{4F} = P_F$.

Поскольку решающее устройство имеет четыре входа то, следовательно, возможны четыре исхода, при которых возникают ошибки при распознавании сигналов.

Первый исход: на входе (a) сигнал присутствует, а на входе (b) отсутствует. При этом ошибка возникает, когда на входе (c) сигнал присутствует, а на входе (d) отсутствует. Такая неопределенность принимается за ошибку и решающее устройство с равной вероятностью регистрирует либо сигнал $e_1(t)$, либо $e_2(t)$. Явная ошибка имеет место при одновременном наличии сигналов на входах (c) и (d). Наличие сигнала на входе (d) при его отсутствии на входе (c) не будет являться ошибкой, так как приоритет отдается наличию сигнала в основном канале. В результате частная вероятность ошибки будет равна

$$P_{01} = 0,5P_{1Д}(1 - P_{2Д})(P_F + P_F^2). \quad (7)$$

Второй исход: на входе (a) сигнал отсутствует, а на входе (b) присутствует. При этом ошибка будет в том случае, если на входе (c) сигнал присутствует, а на входе (d) отсутствует (приоритетная ситуация), либо на входе (c) сигнал отсутствует, а на входе (d) присутствует (неопределенность), либо сигнал присутствует одновременно на входах (c) и (d). В этом случае частная вероятность ошибки будет равна

$$P_{02} = 0,5P_{2Д}(1 - P_{1Д})(3P_F - P_F^2). \quad (8)$$

Третий исход: на входах (a) и (b) сигналы отсутствуют. При этом ошибка будет в том случае, если на входах (c) и (d) сигналы также отсутствуют (неопределенность), либо на входе (c) сигнал присутствует, а на входе (d) отсутствует, либо на входе (c) сигнал отсутствует, а на входе (d) присутствует, либо сигналы одновременно присутствуют на входах (c) и (d). В этом случае частная вероятность ошибки будет равна

$$P_{03} = (1 - P_{1Д})(1 - P_{2Д})(0,5 + P_F - 0,5P_F^2). \quad (9)$$

Четвертый исход: на входах (a) и (b) сигналы присутствуют. В этом исходе ошибка в виде неопределенности будет в единственном случае, одновременного присутствия сигналов на входах (c) и (d), вероятность которой будет равна

$$P_{04} = 0,5P_{1Д}P_{2Д}0,5P_F^2. \quad (10)$$

Результирующая вероятность ошибки в приеме сигнала $e_1(t)$ будет равна сумме частных вероятностей ошибок по всем исходам и зависеть от случайной фазы ψ_1:

$$P_0(\psi_1) = \sum_{i=1}^{4} P_{0i}(\psi_1). \tag{11}$$

Путем осреднения выражения (11) по всем возможным изменениям фазы ψ_1, получим среднюю вероятность ошибки при некогерентном распознавании двоичных сигналов:

$$\overline{P_0} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} P_0(\psi_1) d\psi_1. \tag{12}$$

3. Результаты исследования

Для гауссовской формы информационного и мешающего радиосигналов с относительным временным перекрытием $\chi_1 = 0{,}7$ по выражению (12) рассчитаны характеристики зависимости средней вероятности ошибки некогерентного распознавания двоичных сигналов от исходного отношения сигнал-помеха по мощности h^2, которые представлены на рис. 2

Характеристика 1 на данном рисунке соответствует случаю оптимального на фоне флуктуационной помехи некогерентного распознавания двоичных ортогональных сигналов, но при наличии мешающих отражений, при котором средняя вероятность ошибки распознавания определяется выражением:

$$\overline{P_0} = \frac{1}{4\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \exp\left[-\frac{E_{1p}^2(0, \chi_1, \psi_1)}{2P_n} \right] d\psi_1. \tag{13}$$

Характеристика 2 отображает потенциально-возможный случай, при котором отсутствуют мешающие отражения, а распознавание сигналов осуществляется только на фоне флуктуационной помехи [3]. Характеристика 3 соответствует разработанной модели некогерентного распознавания двоичных сигналов с вероятностью ложной тревоги в каждом частном решении $P_F = 10^{-3}$.

Анализ результатов, представленных на данном рисунке, свидетельствует, что применение классической модели некогерентного распознавания сигналов в условиях мешающих отражений и флуктуационных помех (характеристика 1) приводит к значительному

снижению помехоустойчивости по сравнению со случаем отсутствия мешающих отражений (характеристика 2).

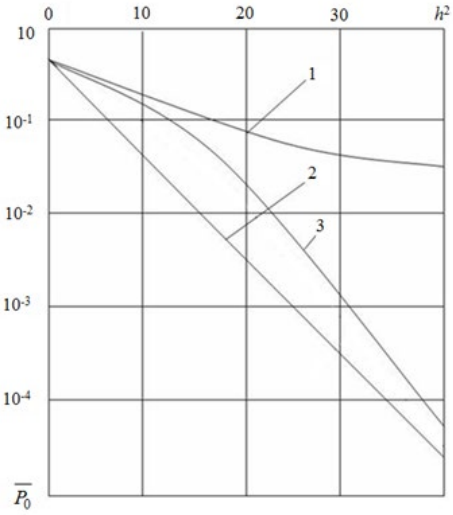


Рис. 2. Зависимость средней вероятности ошибки некогерентного распознавания двоичных сигналов от отношения сигнал-помеха

Использование разработанной модели распознавания сигналов (характеристика 3) существенно нейтрализует мешающие отражения. Так, например, при $h^2 = 30$ выигрыш по вероятности ошибки разработанной модели по сравнению с классической моделью распознавания (характеристика 1) составляет 30 раз и незначительно уступает потенциально-возможному значению при отсутствии мешающих отражений (характеристика 2), что свидетельствует о высокой эффективности разработанного способа распознавания сигналов.

Заключение

Разработана математическая модель и соответствующий алгоритм некогерентного распознавания двоичных сигналов в условиях мешающих отражений и флуктуационных помех с получением аналитических выражений для расчета соответствующих характеристик помехоустойчивости, не требующих увеличения энергетических и частотно-временных ресурсов канала связи. Полученные результаты

могут быть использованы как при модернизации существующих, так и при разработке перспективных систем передачи и приема информации, функционирующих в условиях сложной помеховой и электромагнитной обстановки.

Список литературы

1. Способ распознавания импульсных радиосигналов в условиях мешающих радиоимпульсов на фоне белого шума [текст]: пат. 2479921 Российская Федерация: МПК H04B 1/10/Евстафиев А.Ф., Михайлов В.В., Евстафиев Ф.А.; заявитель и патентообладатель Воронеж: военный авиационный инженерный университет. – № 2011121181/07; заявл. 25.05.11; опубл. 20.04.13, Бюл. № 11. – 3 с.

2. Финк, Л.М. Теория передачи дискретных сообщений / Л. М. Финк. – М.:Сов.радио, 1970. – 726 с.

3. Тихонов, В.И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1983. – 324 с.

Обучение нейронных сетей классификации объектов на основе изображений, полученных с использованием компьютерного моделирования

Е. С. Емельянов, email: cap_emela@mail.ru
А. С. Дикарев, email: antonyladur@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Рассмотрен подход к обучению нейронных сетей классификации объектов с использованием в качестве «обучающих» изображений результатов компьютерного моделирования на основе физически корректных алгоритмов (Physically Based Rendering – PBR) рассеяния электромагнитных волн видимого диапазона. С использованием PBR рассчитаны изображения тестового объекта в виде легкового автомобиля в различных условиях освещенности. Полученные изображения использованы для обучения классификационных слоев нейронной сети «SqueezeNet». Результаты классификации объекта на реальных фотографиях автомобиля подтвердили эффективность данного подхода.*

Ключевые слова: *нейронные сети, классификация объектов, физически корректный рендеринг.*

Введение

Одним из проблемных вопросов при обучении нейронных сетей для классификации объектов на изображениях (видео) является отсутствие достаточного количества обучающих данных (маркированных изображений). Наиболее качественными данными для обучения являются фотографии объектов, полученные в реальной фоно-целевой обстановке. Однако, использование реальных изображений сопряжено с некоторыми особенностями.

Это обусловлено тем, что в видимом диапазоне длин волн интенсивность и цветовая гамма материалов поверхности объекта, регистрируемые фотокамерой, существенным образом зависят от фоно-целевой обстановки – состояния атмосферы (облачность, влажность, температура) и времени суток (положения солнца). Фон, на котором наблюдается объект (песок, трава, снег) и др., существенным образом влияет на вероятность его обнаружения, что особенно актуально для

© Емельянов Е.С., Дикарев А.С., 2021

объектов, имеющих специальную маскирующую окраску. В этой связи получение достаточного количества изображений объекта в различных фоно-целевых условиях требует существенных временных затрат. Причем некоторые варианты фоно-целевой обстановки предполагают наличие соответствующих погодных условий или могут быть реализованы только в определенной местности. Наличие в обучающей выборке изображений объекта в наибольшем количестве вариантов фоно-целевой обстановки является предпочтительным. Критичным данное обстоятельство может быть при создании охранных систем или систем военного назначения.

Кроме того, необходимо учитывать то обстоятельство, что в ряде случаев отсутствует сам объект, который необходимо классифицировать на изображении. Такая ситуация чаще всего встречается в системах военного назначения при необходимости обнаруживать и классифицировать военную технику противника, которая недоступна.

1. Основная часть

Одним из подходов, позволяющим преодолеть указанные выше трудности, является использование современных методов компьютерного моделирования изображений на основе физически корректных алгоритмов расчета отражения и распространения электромагнитных волн видимого диапазона.

Такой подход нашел широкое применение в современных методах компьютерной графики. Наиболее часто его называют Physically Based Rendering (PBR) – физически корректный рендеринг. Под PBR подразумевается набор техник визуализации, в основе которых лежат математические модели, основанные на физической теории распространения света. В процессе PBR удается получить изображения с физической правдоподобностью, что и требуется для качественного обучения нейронной сети. Для реализации PBR необходима 3D модель объекта и оптические характеристики материалов его поверхности. При отсутствии 3D модели она может быть создана по чертежам или эскизам объекта. В программных продуктах, в которых реализованы алгоритмы PBR оптические свойства большинства существующих материалов уже определены. При необходимости создания новых материалов с особенными оптическими свойствами существует множество гибких настроек.

Распространенным способом получения изображений объекта в различных условиях освещенности и на различных фонах является использование HDRI (High Dynamic Range Image) карты. HDRI карта – это панорамная фотография, которая охватывает все углы наблюдения с одной точки и содержит большое количество данных (32 бита в пикселе

на каждый цветовой канал). Применяя HDRI карту возможно получить качественное освещение деталей объекта, что может быть несущественно в обычных условиях, однако важно при обучении нейронных сетей, к которым предъявляются повышенные требования надежности классификации объектов. Карты HDRI могут быть получены для различных фоно-целевых условий и являться своего рода набором типовых условий наблюдения, которые могут быть выбраны как наиболее вероятные в той или иной ситуации.

Преимущества такого подхода состоит в том, что полученные наборы изображений являются априори промаркированными, т.к. рендеринг выполняется для известного объекта. При наличии набора HDRI карт для различного времени суток, погодных условий, времени года, окружающего фона (лес, городская застройка и др.) возможно получение изображений объекта в практически любой фоно-целевой обстановке. Существуют как коммерческие, так и бесплатные ресурсы с готовыми HDRI картами. Пример HDRI карты представлен на рис 1.



Рис. 1. HDRI карта (фоно-целевая обстановка «Город»)

Таким образом с использованием современных подходов компьютерной графики возможно получить практически неограниченный набор изображений требуемых объектов в требуемой фоно-целевой обстановке для обучения нейронной сети.

2. Результаты моделирования

Для проверки данного подхода к обучению нейронных сетей проведен численный эксперимент. На первом этапе был рассчитан набор

изображений для обучения нейронной сети. В качестве объекта выбран легковой автомобиль (рис. 2).



Рис. 2. Моделирование изображения (рендер) автомобиля в фоно-целевой обстановке «Город»

Просчет изображений проведен с помощью системы рендеринга «Corona Renderer». В процессе рендеринга удается получить результаты с физической правдоподобностью и фотографическим качеством. Время расчета одного изображения с разрешением 1920 на 1080 пикселей составило от 3-х до 5-ти минут (процессор – Corei5, ОЗУ – 8Гб, видеокарта – Nvidia 1050Ti). Как видно на рис. 2 автомобиль выглядит реалистично присутствуют тени, в зеркальных поверхностях отражаются объекты HDRI карты (брусчатка, фонарный столб, небосвод), освещение объекта «встроенного» в HDRI карту соответствует ожидаемому. Полученные таким образом изображения далее будем называть «рендер-изображения».

Всего было получено 50 рендер-изображений автомобиля, при различных ракурсах наблюдения и пространственных положениях на HDRI карте. Пример полученных рендер-изображений представлен на рис. 3.

Рендер-изображения использовались при обучении слоев классификации нейронной сети «SqueezeNet» [1], т.е. был реализован так называемый процесс передачи обучения. При переобучении SqueezeNet, для классификации автомобиля, были заменены два последних сверточных слоя и итоговый слой классификации сети [2]. В

качестве альтернативных объектов классификации выбраны представленные в [2] объекты: «фонарик карманный», «кубик Рубика», «кепка», «колода карт», «маркер».



Рис. 3. Примеры рендер-изображений в обучающей выборке

Для увеличения количества изображений к обучающей выборке были добавлены рандомизированные путем вращения, отражения в вертикальной плоскости и масштабирования рендер-изображений. Для контроля качества обучения (валидации) использовано 30 % изображений, исключенных из обучающей выборки.

Результаты обучения представлены на рис. 4. Сеть обучилась за 80 эпох, точность на обучающей выборке составила 93%, на валидационной 98%.

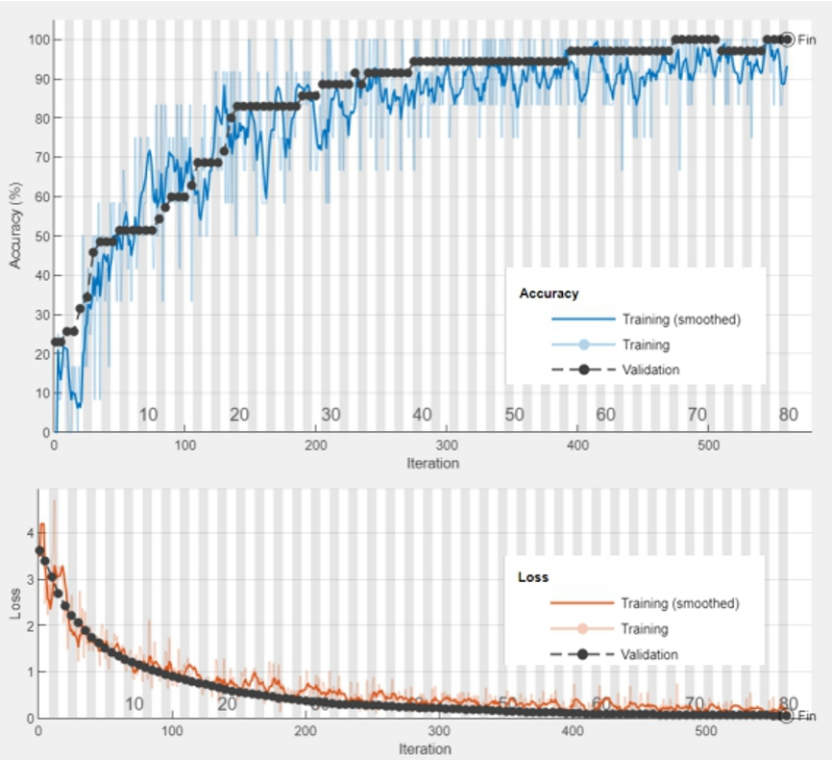


Рис. 4. Метрики обучения нейронной сети SqueezeNet.

Тестирование качества обученной сети проведено на реальных фотоизображениях легкового автомобиля. Результаты классификации приведены на рис. 5. Вероятность классификации на изображении автомобиля составила более 96 %, ложных классификаций нет.

Заключение

Таким образом, современные алгоритмы компьютерной графики на основе физически корректных алгоритмов могут быть использованы для получения набора изображений объекта в различной фоно-целевой обстановке и обучения на их основе нейронных сетей. Такой подход позволяет сократить временные затраты на получение требуемого для обучения набора изображений.



Рис. 5. Результаты тестирования обученной сети SqueezeNet.

Список литературы

1. Iandola, Forrest N. "SqueezeNet." [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://github.com/forresti/SqueezeNet

2. MathWorks Help Center [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/transfer-learning-with-deep-network-designer.html

Анализ трафика как инструмент исследования вычислительной сети

Д.В. Игнатов, e-mail: gato.blanco75@gmail.com
Д.Э. Назаренко, e-mail: gato.blanco75@gmail.com
М.В. Янов, e-mail: gato.blanco75@gmail.com

ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. *Рассмотрены варианты использования анализа трафика в качестве инструмента исследования вычислительной сети и некоторые программные средства для его реализации.*

Ключевые слова: *локальная сеть, трафик, мониторинг, обнаружение вторжений.*

Введение

Анализ локальной сети, составляющей основу любой корпоративной сети, необходим для поддержания ее в работоспособном состоянии. Под анализом понимается сложный и интеллектуальный процесс осмысления собранной информации, сопоставления ее с данными, полученными ранее, и выработки предположений о возможных причинах замедленной или ненадежной работы сети. Задача анализа требует активного участия человека и использования таких сложных средств, как экспертные системы, аккумулирующие практический опыт многих сетевых специалистов [1]. В то же время, вопрос выбора конкретных объектов для анализа сети и применяемых для этого инструментов является актуальным.

Выбор объектов и средств их анализа

Основным инструментом сбора данных о процессах, протекающих в локальной сети, является мониторинг.

Мониторинг сетевого трафика – непрерывный процесс инструментального автоматизированного наблюдения за отдельными параметрами трафика с целью проверки соблюдения SLA, планирования сети, а также предотвращения негативных событий, таких как технические аварии, угрозы и атаки злоумышленников [1].

Наиболее часто применяются следующие средства мониторинга [2]:

© Игнатов Д.В., Назаренко Д.Э., Янов М.В., 2021

– анализаторы протоколов, или сетевые сниферы, позволяют захватывать трафик локальных сетей, представлять его в удобном для анализа виде, но собственно анализ данных оставляют администратору;

– маршрутизаторы, поддерживающие протокол NetFlow, собирают обобщенные данные о трафике глобальных сетей, передавая его для анализа программным системам NetFlow, которые автоматизируют поиск атак и угроз;

– системы обнаружения вторжений (Intrusion Detection Systems, IDS) специализируются на автоматическом распознавании вторжений и угроз в прослушиваемом трафике локальных сетей;

– системы контроля трафика и состояния сети административного назначения.

Анализаторы протоколов способны на основе некоторых заданных оператором логических условий захватывать отдельные пакеты и декодировать их, то есть показывать в удобной для специалиста форме вложенность пакетов протоколов разных уровней друг в друга с расшифровкой содержания полей каждого пакета. Анализатор протоколов представляет собой либо самостоятельное специализированное устройство, либо персональный компьютер, обычно переносной класса Notebook, оснащенный специальной сетевой картой и соответствующим программным обеспечением. Анализатор протоколов подключается к сети точно так же, как обычный узел. Отличие состоит в том, что анализатор протоколов может принимать все пакеты данных, передаваемые по сети, в то время как обычная станция – адресованные только ей. Программное обеспечение анализатора протоколов состоит из ядра, поддерживающего работу сетевого адаптера и декодирующего получаемые данные, и дополнительного программного кода, зависящего от типа исследуемой сети. В состав некоторых анализаторов может входить также экспертная система, способная выдавать пользователю рекомендации о том, какие эксперименты следует проводить в данной ситуации, что могут означать те или иные результаты измерений, как устранить некоторые виды неисправностей в сети. Основываясь на результатах анализа содержимого пакетов того или иного протокола, можно оптимизировать производительность сети, находить и устранять неполадки, осуществлять обоснованное и взвешенное изменение каких-либо компонентов сети. Обычно для того, чтобы сделать какие-либо выводы о влиянии некоторого изменения на сеть, анализ протоколов выполняется и до, и после внесения этого изменения [3]. Основным недостатком подобных систем является то, что они дают большой объем данных, которые достаточно сложно интерпретировать. Кроме того, данные

системы как правило адаптированы для разбора инцидентов, а не для анализа текущего состояния сети и абонентов.

Система мониторинга NetFlow собирает статистику не о каждом пакете, а о потоке пакетов, отсюда и название протокола (net – сеть, flow – поток). Под потоком понимается последовательность пакетов, принадлежащих одному и тому же соединению между определенными приложениями двух определенных компьютеров, например Skype-сеанс между двумя пользователями, передача файла с сервера на клиентский компьютер, чтение данных веб-страницы с сервера браузером клиентского компьютера. Аналогом потока можно считать данные телефонного разговора между двумя абонентами, однако между двумя компьютерами, в отличие от телефонов, может вестись сразу несколько «разговоров». Как правило, для анализа трафика используются наиболее характерные и значимые признаки:

– сетевые адреса источника и получателя;

– порты источника и получателя для основных транспортных протоколов, например UDP и TCP;

– тип и коды сообщения для служебных сообщений, например ICMP;

– номер интернет-протокола транспортного уровня, инкапсулированного в протокол сетевого уровня;

– тип обслуживания;

– используемый сетевой интерфейс и т.д.

Система NetFlow использует два основных программных компонента для своей работы. Компонент Экспортер потока (Flow Exporter) обеспечивает захват статистической информации о потоке и его передачу для дальнейшего анализа. Как правило, он настраивается на устройстве или узле, через который идет основной трафик, таком, как маршрутизатор или коммутатор. В случае высокой нагрузки или особых требований, допускается (и даже рекомендуется) установка нескольких экспортеров на одном устройстве для независимого перехвата потоков по различным критериям. Компонент Сборщик Потока (Flow Collector) обеспечивает функцию сбора информации, предоставляемой Экспортерами потока, её анализ, представление приложениям более высокого уровня получает данные о потоках и сохраняет их. Во многих современных решениях для анализа сетевого трафика функции коллектора и анализатора совмещают в едином программно-аппаратном блоке [3]. Достоинством подобных систем является то, что они обеспечивают удобную форму представления данных для анализа сетевого трафика, а также позволяют проводить как динамический анализ, так и детальный статистический разбор ситуаций с

сопоставлением в течение длительных промежутков времени. В то же самое время, данные системы обеспечивают ограниченные возможности по оперативному выявлению сетевых атак, так как не предполагают непосредственно анализ передаваемой информации: выявление атак производится в основном по признаку возникновения аномалий.

Система обнаружения вторжений (Intrusion Detection System, IDS) – это программное или аппаратное средство, которое выполняет непрерывное наблюдение за сетевым трафиком и деятельностью субъектов системы с целью предупреждения, выявления и протоколирования атак. В отличие от файерволов и прокси-серверов, которые строят защиту сети исключительно на основе анализа сетевого трафика, системы обнаружения вторжений учитывают в своей работе различные подозрительные события, происходящие в системе. Подобные системы могут иметь различные варианты реализации:

– сетевые системы анализа вторжений, размещаемые на границе вычислительных сетей и обеспечивающие обнаружение и противодействие атакам на маршрутизирующее оборудование;

– сетевые системы анализа вторжений локальных сетей, обнаруживающие характерные признаки атак, реализуемых в замкнутой сети (домене коллизий);

– сетевые системы анализа трафика протоколов, обеспечивающие обнаружение отдельных категорий атак, направленных на специфические протоколы и приложения (например, на обнаружение SQL-инъекций);

– системы обнаружения вторжений на основе анализа аномалий поведения сетевых служб и устройств (например, выявление атак доступа на сервера).

Основным недостатком с точки зрения использования в качестве инструмента анализа трафика является то, что большинство систем обнаружения вторжения имеют ограниченные возможности обмена информацией с внешними по отношению к ним пользовательскими приложениями, а также то, что они, как правило, используют заранее подготовленный набор сценариев для реакции на изменения сетевой обстановки.

– К последней категории средств можно отнести программные средства для контроля и управления сетями. Они представляют собой программные пакеты, позволяющие с использованием стандартных или специфических для определенного производителя протоколов осуществлять сбор данных о сетевых устройствах, их настройках, степени нагрузки, текущем трафике и отдельных его параметрах. Наиболее часто встречаются решения на основе использования

протоколов SNMP различных версий, а также технологии RMON. Последняя включает в себя отдельные компоненты, используемые для анализа трпафика:

– Statistics – совокупный сетевой трафик и статистика ошибок.

– Hosts – предоставление в табличном формате статистики по трафику для каждого сетевого узла, базируясь на его MAC-адресе;

– HostTopN – расширяет предыдущую группу, сортируя узлы, генерирующие максимальный трафик и число ошибок.

– Matrix – производит отслеживание величины трафика или количества ошибок между двумя устройствами в соответствии с их MAC-адресами;

– Filter – совместно с группой Packet Capture обеспечивает захват пакетов для последующего анализа.;

Данные системы обладают преимуществом высокой степени адаптированности к оборудованию определенных производителей, что является одновременно и достоинством, и недостатком.

Заключение

В тексте статьи проведен предварительный анализ существующих категорий средств для мониторинга вычислительных сетей и их исследований. Необходимость использования каждой из категорий средств мониторинга необходимо обосновывать в каждом конкретном случае, в зависимости от перечня решаемых задач (анализ состояния сети, поиск аномалий, оптимизация сетевых процессов), параметров самой сети и имеющихся в наличии материальных и финансовых ресурсов.

Список литературы

1. Славнов, К.В. Управление информационной безопасностью. Учебное пособие / К. В. Славнов, О. М. Барсуков, Д.В. Игнатов, Воронеж: ООО «Ритм», 2019. – 380 с.

2. Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. /В. Олифер, Н. Олифер – СПб.: Питер, 2016. – 992 с.

3. Бирюков, А.А. Информационная безопасность: защита и нападение/ А. А. Бирюков – 2-е изд. перераб., доп. – М.: ДМК Пресс, 2017 – 434 с.

Модель верификации результативности маскирования структуры информационных систем

М. А. Каплин, email: popi901@yandex.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М.Штеменко

Аннотация. *В данной статье рассматривается актуальность защиты информационных систем от компьютерных атак, носящих разведывательный характер, представлена постановка задачи на моделирование процесса верификации результативности маскирования структуры информационной системы и ее математическая модель.*

Ключевые слова: *Информационная система, техническая компьютерная разведка, маскирование.*

Введение

В настоящий момент большая доля потребностей в передаче информации в распределенных информационных системах удовлетворяется путем использования универсальной транспортной сети – сети связи общего пользования (ССОП).

Упрощенная архитектура информационной системы (ИС) представляет собой совокупность территориально распределенных локальных сетей (сегментов), объединенных каналами связи через ССОП с использованием коммуникационного оборудования. Основным решением, применяемым в ИС на сетевом и межсетевом уровнях, является использование единого межсетевого протокола IP, обеспечивающего интеграцию услуг во всех составляющих цифровой системы связи.

Передача данных между сегментами ИС осуществляется посредством создания так называемых «криптотуннелей» с использованием технологии «виртуальных частных сетей» (VPN). Причем информация о применяемых транспортных протоколах передается в незашифрованном виде.

Данный факт предоставляет целый спектр демаскирующих признаков ИС, необходимых технической компьютерной разведке (ТКР) для построения модели объекта защиты [1].

© Каплин М. А., 2021

Обобщенная модель утечки информации представляется как объединение локальных вычислительных сетей посредством ССОП, находящейся под контролем технических средств ТКР.

Расположение технических средств ТКР противника между защищаемыми сегментами ИС формирует так называемые виртуальные точки присутствия.

Довольно часто компьютерные атаки проводятся с целью получения злоумышленником сведений о применяемом оборудовании, применяемых средствах защиты и средствах обнаружения вторжений, структуре и топологии ИС, а также интенсивностях информационного обмена. Такие атаки носят, прежде всего, разведывательный характер, и предшествуют атакам типа программного подавления, контроля событий и перехвата управления.

В общем случае ИС представляет собой совокупность ЭВМ, периферийного и коммуникационного оборудования, объединенного физическими линиями связи. Все эти элементы определяются идентификаторами, в качестве которых в наиболее распространенном семействе протоколов TCP/IP используются сетевые адреса (IP-адреса).

Для передачи информации между клиентами и серверами в ИС с клиент-серверной архитектурой посредством протоколов взаимодействия устанавливают логическое соединение, под которым понимают инициализацию (передача пакета с установленным флагом SYN) запросов на обслуживание (информационных потоков) от клиента к серверу, получение параметров соединения и поддержание соединения между клиентом и сервером до его окончания. Применяя режим автоматического распределения динамических параметров соединения [2], сетевые параметры, полученные от сервера клиентами будут меняться через определенные промежутки времени, либо в случаях необходимости, когда система обнаружения вторжений (СОВ) будет сигнализировать о недостаточности применяемых мер защиты ИС и необходимости противодействия средствам ТКР (ПД ТКР). Помимо этого, динамичность структуры ИС будет достигаться автоматическим распределением динамических параметров новым абонентам ИС [3]. Однако, высокая частота смены сетевых параметров может отрицательно сказаться на стабильности активных критических соединений абонентов ИС.

Таким образом, стратегия клиент-серверной системы заключается в оценке достаточности применяемых мер защиты и оптимальным распределением сетевых параметров абонентам ИС, чего можно достичь верификацией результативности маскирования структуры ИС.

1. Постановка задачи

Приведенное описание процесса верификации результативности маскирования структуры информационной системы позволяет формализовать задачу исследования.

Формализуя задачу исследования сформулированы суть решаемой задачи, критерии ее решения, входные и выходные данные, важные факторы и условия задачи.

Для формальной постановки и решения задачи в исследовании введены нижеперечисленные обозначения.

Дано:

– S – клиент-серверная ИС;

– C – множество входных параметров ИС, включающих в себя запросы системы управления (СУ) на продление времени аренды и назначение сетевых параметров новым (вновь подключившимся) абонентам клиент-серверной (КС) ИС от DHCP-сервера «A», и воздействие ТКР «B»;

Аннотация. *Z – множество внутренних параметров модели, включает в себя S_i, Λ_j, где $S_i = \{S_1, S_2, ..., S_h\}$, $\Lambda_j = \{\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_j\}$, перечень состояний системы и интенсивностей потоков событий в ней;*

– P_i – множество выходных параметров модели, значения финальных вероятностей состояния системы S, $P_i = \lim\limits_{t\to\infty} P_i(t)$, где $i = 1, 2, ..., h$, причем число состояний конечно и из каждого из них можно за конечное число шагов перейти в любое другое;

– I – множество параметров условий функционирования, где I – протоколы транспортного уровня семейства протоколов TCP/IP, поддерживаемые моделируемой системой, I включает в себя протоколы TCP и UDP;

– Q – показатель эффективности маскирования логической структуры ИС, $Q = \lim\limits_{t\to\infty} P_D^C(t)$, $P_D^C(t) \to \min$, определяемый вскрытием ТКР логической структуры ИС.

Найти: закономерность изменения множества P_i выходных параметров модели верификации результативности маскирования логической структуры ИС и множества Q показателей эффективности маскирования логической структуры ИС от множества C значений

входных параметров, множества Z значений внутренних параметров, множества I значений параметров условий функционирования. На значения параметров множеств C, P_i, Z, I наложены условия их допустимости.

Тогда формальная постановка задачи на моделирование верификации результативности маскирования логической структуры ИС:

$$\mu :< S,C,Z,I >\rightarrow P_i,Q \mid C \subseteq (A,B), P_i = \lim_{t\to\infty} P_i(t) \quad (1)$$

А формализованная постановка задачи на оптимизацию показателей эффективности верификации:

$$\begin{aligned} &< S,C,Z,I >\rightarrow \min P_D^C = \\ &= \lim_{t\to\infty} P_D^C(t) \mid P_D^C(t) \in \{P_i\}, i = 1,2,...,h \end{aligned} \quad (2)$$

$$C \subseteq \{A,B\}; Z \subseteq \{S_i, \Lambda_j\}; I \subseteq \{TCP, UDP\}; Q = \lim_{t\to\infty} P_D^C(t) \quad (3)$$

2. Модель верификации результативности маскирования структуры информационной системы

Разработка модели верификации результативности маскирования логической структуры ИС необходима для описания существенных свойств процессов верификации результативности маскирования ИС, что необходимо для разработки методики верификации результативности маскирования ИС.

Пусть имеется узел ИС – сервер, обеспечивающий функционирование клиент-серверной системы, в том числе и в части системы верификации результативности маскирования ИС. Моделируемая система S с течением времени меняет свое состояние (переходит из одного состояния в другое). Необходимые для исследования состояния клиент-серверной ИС можно отобразить как представлено в табл. 2.

Таблица 1

Дискретные состояния клиент-серверной ИС

Состояние	Описание состояния
S_1	Состояние покоя системы. Сетевые параметры абонентам ИС назначены и статичны. Воздействие средств ТКР отсутствует (или нейтрализованы)

Окончание таблицы 1

Состояние	Описание состояния
S_2	Изменение сетевых параметров абонентов КС ИС DHCP-сервером
S_3	Идентификация логической структуры ИС средствами ТКР в диалоговом режиме, средство ТКР осуществляет поочередное выполнение функций сетевого сканера
S_4	Логическая структура ИС вскрыта с некоторой полнотой, оценка результативности ТКР нарушителем
S_5	Обнаружение средств ТКР средствами СОВ
S_6	Оценка возможности изменить структурно-функциональные характеристики, оценка результативности защиты от средств ТКР

Моменты возможных переходов клиент-серверной ИС из состояния в состояние стохастичны и происходят в результате воздействия на систему потоков событий, характеризующиеся их интенсивностями λ, являющимися важной характеристикой потоков событий и характеризующими среднее число событий, приходящееся на единицу времени. Описания интенсивностей λ представлены в табл. 3.

Таблица 2

Интенсивности потоков событий в ИС

Интенсивность	Описание интенсивности потоков событий
λ_{12}	Поток событий (штатных, протокольных) на продление времени аренды и назначение сетевых параметров новым абонентам ИС от DHCP-сервера
λ_{21}	Поток событий (штатных, протокольных или внеочередных) на подтверждение сетевых параметров абонентами ИС к DHCP-серверу
λ_{13}	Заявки на идентификацию средствами ТКР структурно-функциональных характеристик ИС в диалоговом режиме
λ_{31}	Поток отказов сетевого сканирования ТКР, вызванный функционированием средства защиты логической структуры ИС, и окончание сканирования
λ_{34}	Поток событий на оценку результативности средств ТКР, связанный с успешным окончанием сетевого сканирования

Окончание таблицы 2

Интенсивность	Описание интенсивности потоков событий
λ_{43}	Поток отказов оценки результативности ТКР, заявки на продолжение ТКР
λ_{15}	Поток событий обнаружения средств ТКР средствами СОВ
λ_{41}	Поток отказов средств СОВ, ИС вскрыта с требуемой ТКР полнотой
λ_{56}	Заявки на оценку результативности защиты от средств ТКР, опасность ТКР, необходимость принятия мер ПД ТКР
λ_{61}	Поток отказов необходимости менять логическую структуру ИС из-за наличия активных критических соединений или отсутствия необходимости ПД ТКР
λ_{62}	Поток событий на внеочередное изменение сетевых параметров абонентам ИС ВН от DHCP-сервера в связи с недостаточностью результативности защиты от ТКР

Граф состояний [4] моделируемой клиент-серверной ИС представлен на рис. 1.

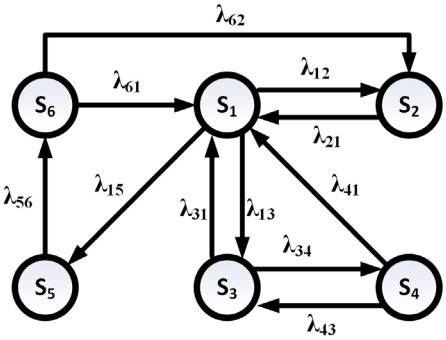


Рис. 1. Граф состояний верификации результативности маскирования структуры ИС

Оценка эффективности процессов верификации результативности маскирования логической структуры ИС связана с необходимостью моделирования процесса в реальном времени [5]. При этом:

– вероятность появления некоторого числа событий на любых непересекающихся промежутках времени зависит только от этого числа

событий и от длительности t промежутка и не зависит от начала его отсчета (свойство стационарности);

– считается, что появление двух и более событий за малый промежуток времени практически невозможно (свойство ординарности);

– появления того или иного количества событий в непересекающиеся промежутки времени взаимно независимы, (свойство отсутствия последствий).

Это обусловливает целесообразность использования математического аппарата марковских случайных процессов. Итак, процесс верификации результативности маскирования логической структуры ИС можно представить, как марковский случайный процесс с дискретными состояниями S_i и непрерывным временем dt.

По размеченному графу состояний процесса верификации результативности маскирования логической структуры ИС строится математическая модель ее функционирования – дифференциальные уравнения с неизвестными функциями $P_i(t)$.

$$\begin{cases} \frac{dp_1(t)}{dt} = \lambda_{61}p_6(t) + \lambda_{31}p_3(t) + \lambda_{41}p_4(t) + \lambda_{21}p_2(t) - \\ -\lambda_{12}p_1(t) - \lambda_{13}p_1(t) - \lambda_{15}p_1(t) \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_{12}p_1(t) + \lambda_{62}p_6(t) - \lambda_{21}p_2(t) \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda_{13}p_1(t) + \lambda_{43}p_4(t) - \lambda_{31}p_3(t) - \lambda_{34}p_3(t) \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = \lambda_{34}p_3(t) - \lambda_{43}p_4(t) - \lambda_{41}p_4(t) \\ \frac{dp_5(t)}{dt} = \lambda_{15}p_1(t) - \lambda_{56}p_5(t) \\ \frac{dp_6(t)}{dt} = \lambda_{56}p_5(t) - \lambda_{61}p_6(t) - \lambda_{62}p_6(t) \\ \sum_{i=1}^{6} p(t) = 1 \end{cases} \quad (4)$$

Используя известный порядок решения системы линейных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты, учитывая вектор вероятностей начальных состояний $p_i(0)$, отрезок интегрирования $[t_0, t_1]$ и число этапов интегрирования n, произведен расчет для

заданных значений интенсивностей событий $\lambda_{ij} = const$ (марковский однородный процесс), что позволило получить числовые таблицы приближенных значений p_i искомых решений $p(t)$ на некотором отрезке $t \in [t_0, t_1]$. Таким образом, получены вероятностные и временные характеристики, описывающие состояния процесса верификации результативности маскирования структуры ИС.

Оценим устойчивость модели к вариациям исходных данных, задавая граничные значения в стратегиях взаимодействующих сторон, при этом рассмотрим следующие сгенерированные последовательные состояния (стратегии):

– C_1 – с изменениями (штатными, протокольными) сетевых параметров и без попыток сканирования;

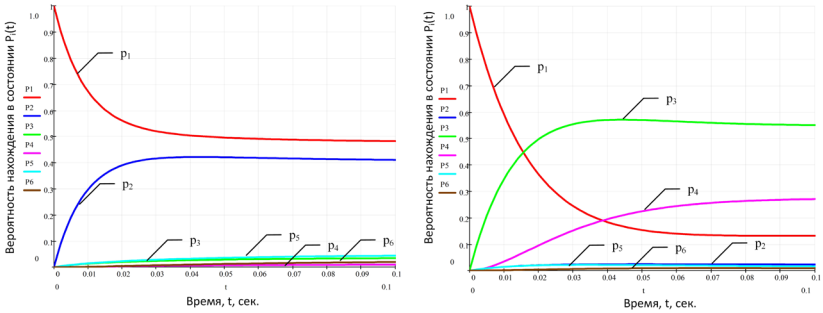
– C_2 – без заявок (штатных, протокольных) на изменение сетевых параметров и с попытками сканирования ТКР функционально-логической структуры (ФЛС) ИС (средства ТКР не обнаружены средствами СОВ);

– C_3 – с изменениями (штатными, протокольными) сетевых параметров и с попытками сканирования ТКР ФЛС ИС (средства ТКР не обнаружены средствами СОВ);

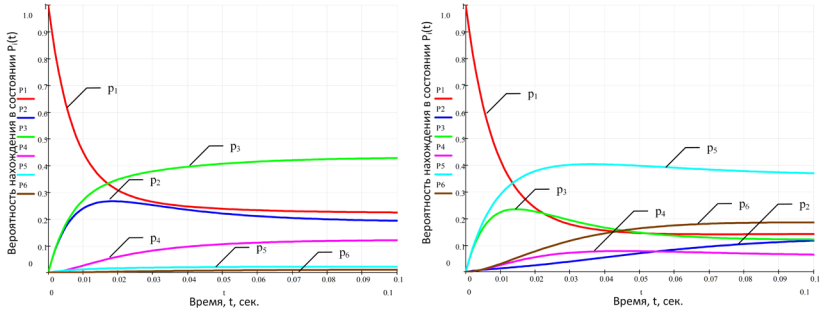
– C_4 – без заявок (штатных, протокольных) на изменение сетевых параметров и с попытками сканирования ТКР ФЛС ИС (средства ТКР обнаружены средствами СОВ).

Графики зависимостей вероятностей состояний процесса верификации результативности маскирования структуры ИС от времени $p_1(t), p_2(t), ..., p_6(t)$, для значений интенсивностей событий, соответствующих стратегиям $C_1 - C_4$, представлены на рис. 2.

На отрезке времени $[0; 0,1]$ ИС находится в переходном режиме функционирования, где наблюдается всплеск значений вероятности состояний. При $t \to \infty$ в ИС устанавливается стационарный режим, когда ИС случайным образом меняет свои состояния и ее вероятности $p_1(t), p_2(t), ..., p_6(t)$ уже не зависят от времени и равны финальным (предельным) вероятностям.



а б



в г

а – стратегия C_1, *б – стратегия* C_1, *в – стратегия* C_1, *г – стратегия* C_1

Рис. 2. Результаты расчета зависимости вероятностей состояний от времени для значений интенсивностей событий, соответствующих стратегиям $C_1 - C_4$

Заключение

Разработанная модель верификации результативности маскирования структуры ИС учитывает влияние и характер воздействия на ИС потоков событий на изменение сетевых параметров ИС, а также воздействия средств ТКР. Процесс защиты ИС в настоящей модели заключается в минимизации вероятности потоков отказов средств СОВ и вскрытия ИС с требуемой ТКР полнотой. В связи с этим возникает необходимость поиска стратегий верификации результативности маскирования структуры ИС в зависимости от изменяющихся вариантов

взаимодействия сторон из-за ограниченности ресурса сервера во времени. Модель позволяет вскрыть зависимости процесса верификации результативности маскирования структуры ИС от потоков воздействий, оценивать достаточность принятых мер защиты и обоснованно выбирать методики защиты ФЛС ИС.

Научная новизна модели заключается в применении математического аппарата теории марковских случайных процессов и решении уравнений Колмогорова для исследования и решения задачи верификации результативности маскирования структуры ИС путем оценки возможности изменить СФХ и оценки результативности защиты от средств ТКР.

Практическая значимость заключается в нахождении вероятностных и временных характеристик, описывающих состояния процесса верификации результативности маскирования структуры ИС при различных стратегиях изменений СФХ клиент-серверной ВС.

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. RFC 2131. Dynamic Host Configuration Protocol [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://www.protocols.ru/WP/rfc2131/

3. Максимов Р. В. Алгоритм и технические решения динамического конфигурирования клиент-серверных вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Цифровые информационно-телекоммуникационные технологии. – 2020. – Том 19 № 5. – С. 1090-1121.

4. Харари, Ф. Теория графов. Ф. Харари / Пер. с англ. и предисл. В. П. Козырева; Под ред. Г.П. Гаврилова – 2-е изд. – М. : УРСС, 2003. – 300 с.

5. Давыдов А. Е. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем : монография / А. Е. Давыдов, Р. В. Максимов, О. К. Савицкий. – М.: ОАО «Воентелеком», 2015. – 520 с.

Программная реализация нейросетевого алгоритма вычисления координат источника радиоизлучения с учетом ограничений по дальности прямой видимости с использованием библиотеки alglib

Э. А. Кирсанов, email: ekir74@mail.ru, Д. А. Ларионов

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассматривается программная реализация нейросетевого алгоритма вычисления координат источника радиоизлучения с учетом ограничений по дальности прямой видимости, выполненная на языке программирования C++ с использованием библиотеки alglib для угломерной системы местоопределения при произвольном числе пеленгаторов. Проводится сравнительный анализ нейросетевого алгоритма вычисления координат с алгоритмом вычисления координат по минимуму суммы квадратов расстояний до линий пеленгов.*

Ключевые слова: *вычисление координат, многопозиционная радиосистема, нейросетевой алгоритм.*

Введение

При синтезе нейросетевых алгоритмов вычисления координат источника радиоизлучения (ИРИ) необходимо задавать зону ответственности (ЗО) многопозиционной радиосистемы (МРС), для которой генерируется обучающий набор пар «зашумленный вход – желаемый выход» нейронной сети (НС). При этом зашумленным входом является измеренный с ошибками вектор параметров положения, а желаемым выходом – вектор истинных координат ИРИ, размещенного внутри зоны ответственности МРС [1]. Однако при практическом использовании обученной НС на ее вход может поступить вектор параметров положения от ИРИ, расположенного за пределами ЗО МРС. Но соответствующая ему оценка координат ИРИ, вычисленная нейросетевым алгоритмом, ошибочно окажется внутри ЗО МРС. Поэтому необходимо проверять условие попадания значений координат ИРИ в ЗО. Такая проблема не возникает для МРС УКВ-диапазона, зона действия которых ограничена дальностью прямой видимости. В этом случае в качестве ЗО МРС можно рассматривать зону прямой видимости (ЗПВ).

© Кирсанов Э. А., Ларионов Д. А., 2021

Априорная информация о ЗПВ учитывается в алгоритме вычисления координат ИРИ по максимуму апостериорной вероятности, практическая реализация которого сопряжена со значительными вычислительными затратами [1]. Поэтому на практике для угломерных МРС чаще всего используются не учитывающие информацию о ЗПВ алгоритмы вычисления координат на основе центра тяжести многоугольника засечек или по минимуму суммы квадратов расстояний (МСКР) до линий пеленгов, что позволяет им получать оценки координат ИРИ за пределами ЗПВ и значительно увеличивает ошибки местоопределения.

Естественный учет априорной информации о зоне прямой видимости возможен в нейросетевых алгоритмах за счет обучения НС по координатам ИРИ только из этой зоны. При этом наиболее мощные возможности по работе с нейронными сетями (в том числе глубокими) в настоящее время реализованы в Matlab и Python, но в них затруднено создание исполняемых exe-файлов.

Поэтому представляет интерес программная реализация нейросетевого алгоритма вычисления координат ИРИ на языке программирования C++ с использованием библиотеки alglib [2].

Целью настоящей работы является исследование возможностей программной реализации нейросетевого алгоритма вычисления координат ИРИ с учетом ограничений по дальности прямой видимости на языке программирования C++ с использованием библиотеки alglib для угломерной системы местоопределения и сравнительный анализ его эффективности с алгоритмом вычисления координат по минимуму суммы квадратов расстояний до линий пеленгов.

1. Постановка и решение задачи

Ограничимся рассмотрением задачи местоопределения на плоскости. Пусть заданы координаты пеленгаторов $\mathbf{x}_{P_i} = (X_{P_i}, Y_{P_i})^T$, $1 \le i \le N$ и среднеквадратичная ошибка (СКО) измерения пеленга σ_θ. Зона прямой видимости системы местоопределения определяется как множество точек с координатами $\mathbf{x} = (X, Y)^T$, расстояние от которых до всех пеленгаторов не превышает дальности прямой видимости R_{pw}, то есть $D = \{(X,Y) \mid \sqrt{(X - X_{P_i})^2 + (Y - Y_{P_i})^2} \le R_{pw},\ 1 \le i \le N\}$.

Построение нейросетевого алгоритма вычисления координат неподвижного ИРИ по однократно измеряемым пеленгам заключается в выборе архитектуры НС, формировании обучающего множества и ее обучении. Общая структура нейросетевых алгоритмов вычисления

координат ИРИ может быть получена на основе наиболее часто используемой многослойной сети с прямыми связями и нелинейными активационными функциями нейронов скрытых слоев [1]. Любая функция многих переменных может быть аппроксимирована многослойной нейронной сетью такого типа.

Архитектура НС определяется количеством слоев и их размерностью. Будем строить НС на основе трехслойной сети, что обычно обеспечивает упрощенный характер обучения НС и, в то же время, достаточно для решения любой нелинейной задачи. Первый и второй слои НС содержат по двадцать нейронов с нелинейными активационными функциями. Активационные функции нейронов выходного слоя выбираются линейными, что позволяет обойтись без масштабирования выходов. Архитектура НС представлена на рисунке 1, где каждой связи между входами и нейронами, а также нейронами скрытых слоев приписывается определенный вес (на рисунке веса не показаны).

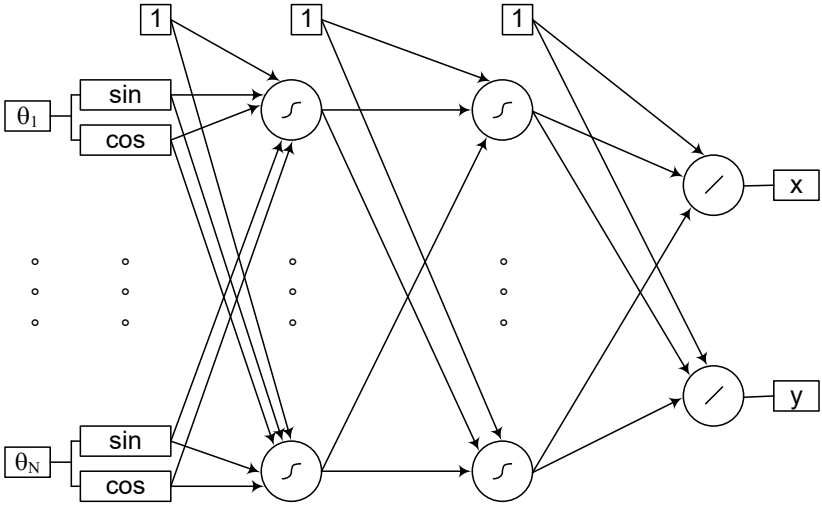


Рис. 1. Архитектура нейронной сети, реализующей алгоритм оценивания координат по измеренным значениям пеленгов

Формирование обучающей выборки сети проводится по следующей методике. Регулярно или случайно формируется заданное количество точек из области D, затем для каждой такой точки при фиксированном значении СКО измерения пеленга в соответствии с

методом имитационного моделирования формируются измеренные значения пеленгов θ_i, $1 \le i \le N$. Для преодоления проблемы цикличности на вход НС подаются синусы и косинусы измеренных значений пеленгов. При этом размерность входного слоя будет равна удвоенному значению числа пеленгаторов. Выходом НС является вектор координат ИРИ на плоскости, поэтому размерность выходного слоя равна двум. По сформированным таким образом наборам «вход-выход» осуществляется обучение НС, целью которого является нахождение такого набора весовых коэффициентов сети, при котором обеспечивается требуемая погрешность вычисления координат по обучающей выборке.

Библиотека alglib поддерживает предназначенные для решения задач классификации или регрессии нейронные сети персептронного типа без скрытых слоев, с одним скрытым слоем и с двумя скрытыми слоями [2]. Скрытые слои имеют сигмоидальную функцию активации. Для выходного слоя предусмотрена возможность задания нескольких видов активационной функции, но в рассматриваемой регрессионной задаче она выбирается линейной. В библиотеке alglib реализован алгоритм обучения НС L-BFGS на основе квазиньютоновского метода Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно с ограниченным использованием памяти.

Фрагмент кода программы, поясняющего процесс объявления и задания параметров НС приведен в листинге 1.

Листинг 1

Объявление и задание параметров НС

```
// параметры НС
int n;                     // колич. слоев НС (2 или 3)
int ns;                    // колич. нейронов в скр. слое НС
mlptrainer trn;            // объект тренажера
multilayerperceptron net; // многослойный персептрон
mlpreport rep;             // отчет об обучении
real_2d_array xy;          // массив обучающих данных НС
real_1d_array x;           // массив входов НС
real_1d_array y;           // массив выходов НС
double decay;              // коэффициент регуляризации
double wstep;              // мин. знач. шага прир. весов НС
ae_int_t maxits;           // макс. колич. циклов обучения НС
ae_int_t NRest;            // колич. перезапусков при обуч. НС

// задание исходных данных
n=3;
ns=20;
wstep=0.001;
decay=0.001;
```

Окончание листинга 1

```
maxits=300;
NRest=1;

xy.setlength(Now,2*N+2); // зад. размера массива обуч. данных
x.setlength(2*N);        // задание размера вектора входа НС
y.setlength(2);          // задание размера вектора выхода НС
```

Фрагмент кода программы, поясняющего процесс создания, обучения и тестирования НС приведен в листинге 2.

Листинг 2

Создание, обучение и тестирование НС

```
// создание объекта тренажера
mlpcreatetrainer(2*N,2,trn);
// загрузка тренировочного набора xy в объект тренажера
mlpsetdataset(trn,xy,Now);

// установка параметров обучения
// задание коэффициента регуляризации decay
mlpsetdecay(trn,decay);
// задание мин. значения шага приращения весов НС wstep
// и максимального количества циклов обучения НС maxits
mlpsetcond(trn,wstep,maxits);

if(n==2)
 // создание НС с одним скрытым слоем
 mlpcreate1(2*N,ns,2,net);
else if(n==3)
 // создание НС с двумя скрытыми слоями
 mlpcreate2(2*N,ns,ns,2,net);

// обучение НС
mlptrainnetwork(trn,net,NRest,rep);

for(p=0;p<Nkw;p++) // цикл по контрольной выборке
{
 // заполнение контрольного массива входных данных
 for(k=0;k<2*N;k++) x[k]=Pk[p][k];
 // тестирование НС
 mlpprocess(net,x,y);
 Xns[p]=y[0];
 Yns[p]=y[1];
}
```

В качестве альтернативы нейросетевому рассматривался наиболее просто реализуемый алгоритм местоопределения, в котором оценка координат ИРИ на плоскости ищется как точка, сумма квадратов расстояний от которой до линий пеленгов минимальна. Согласно указанному алгоритму, оценка координат ИРИ определяется как [1]

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{N} B_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{N} A_i C_i - \sum_{i=1}^{N} A_i B_i \cdot \sum_{i=1}^{N} B_i C_i}{\sum_{i=1}^{N} A_i B_i \cdot \sum_{i=1}^{N} A_i B_i - \sum_{i=1}^{N} A_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{N} B_i^2},$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{N} A_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{N} B_i C_i - \sum_{i=1}^{N} A_i B_i \cdot \sum_{i=1}^{N} A_i C_i}{\sum_{i=1}^{N} A_i B_i \cdot \sum_{i=1}^{N} A_i B_i - \sum_{i=1}^{N} A_i^2 \cdot \sum_{i=1}^{N} B_i^2}, \quad (1)$$

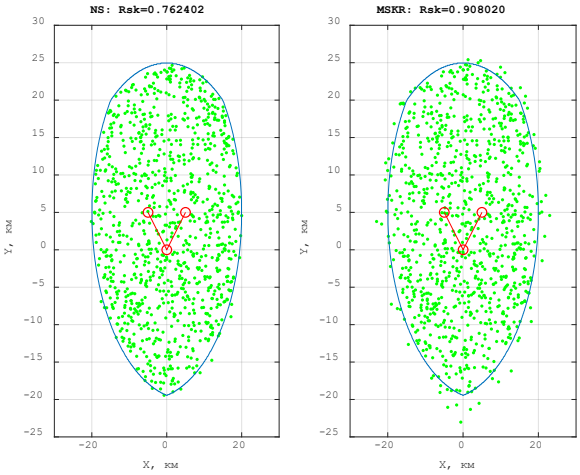
где $A_i = \cos\theta_i$, $B_i = -\sin\theta_i$, $C_i = Y_{P_i} \sin\theta_i - X_{P_i} \cos\theta_i$.

2. Результаты моделирования

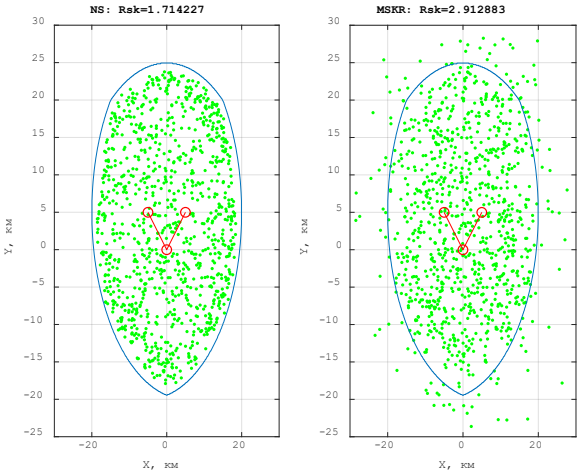
Для оценивания эффективности рассмотренных алгоритмов проводилось статистическое моделирование результатов работы угломерной МРС, пеленгаторы которой размещались равномерно на полуокружности радиусом 5 км. Значение дальности прямой видимости задавалось равным $R_{pw} = 25$ км. Обучающая и контрольная целевые выборки НС объемом соответственно $N_{ow} = 10000$ и $N_{kw} = 1000$ формировалась при генерации координат ИРИ по равномерному закону внутри ЗПВ. В качестве показателя эффективности использовалась усредненная по ЗПВ среднеквадратичная ошибка места.

На рис. 2 и 3 приведен пример решения задачи местоопределения двумя рассмотренными алгоритмами для МРС с количеством пеленгатором соответственно $N = 3$ и $N = 4$ при ошибках измерения пеленга $\sigma_\theta = 1$ градус (а) и $\sigma_\theta = 3$ градуса (б). Рисунки слева соответствуют нейросетевому алгоритму, а справа – алгоритму МСКР. На указанных рисунках пеленгаторы показаны красными кружками, граница ЗПВ – синей линией, а оценки координат – зелеными точками.

Как видно из рисунков, оценки координат ИРИ, соответствующие нейросетевому алгоритму практически не выходят за пределы ЗПВ. Оценки координат ИРИ на основе алгоритма МСКР выходят за пределы ЗПВ. При этом нейросетевой алгоритм обеспечивает меньшую среднеквадратичную ошибку места по сравнению с алгоритмом МСКР. С увеличением количества пеленгатором точность местоопределения увеличивается.



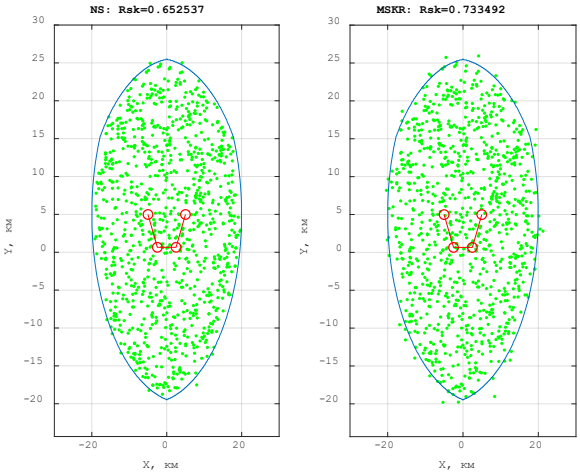
а



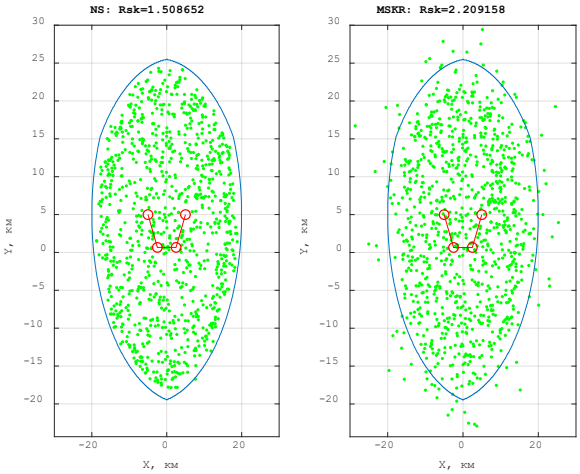
б

а – $\sigma_\theta = 1$ *градус, б* – $\sigma_\theta = 3$ *градуса*

Рис. 2. Пример решения задачи местоопределения двумя рассмотренными алгоритмами в трехпозиционной МРС при ошибке измерения пеленга



а



б

а – $\sigma_\theta = 1$ *градус, б* – $\sigma_\theta = 3$ *градуса*

Рис. 3. Пример решения задачи местоопределения двумя рассмотренными алгоритмами в четырехпозиционной МРС при ошибке измерения пеленга

Заключение

Анализ полученных результатов свидетельствует о возможности программной реализации нейросетевого алгоритма вычисления координат ИРИ в многопозиционных радиосистемах с учетом ограничений по дальности прямой видимости с использованием библиотеки alglib, несмотря на ограниченные возможности указанной библиотеки по работе с нейронными сетями.

Полученные результаты свидетельствуют о важности учета информации о зоне прямой видимости в алгоритмах местоопределения. Особую роль приобретает учет априорной информации о возможном местоположении ИРИ при больших ошибках пеленгования. Так, как следует из рисунка 2б , при значении ошибки измерения пеленга $\sigma_\theta = 3$ градуса для трехпозиционной МРС учитывающий информацию о зоне прямой видимости нейросетевой алгоритм обеспечивает в 1,7 раза меньшую ошибку местоопределения по сравнению с алгоритмом вычисления координат по минимуму суммы квадратов расстояний до линий пеленгов, не учитывающим указанную информацию.

Список литературы

1. 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.

2. Библиотека alglib [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.alglib.net

Виртуализация криптокоммутаторов Континент в среде Oracle VirtualBox

А. С. Коваль, email: koval@cs.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский Государственный Университет»

Аннотация. *Выступление посвящено опыту развертывания и применения АПКШ Континент в режиме криптокоммутаторов для проведения исследований и учебных практических занятий в области программно-аппаратных систем защиты информации.*

Ключевые слова: *программно-аппаратные системы защиты информации, крипто-коммутаторы, АПКШ Континент, L2VPN.*

Введение

Виртуализация сетевых инфраструктур с программно-аппаратными средствами защиты информации для исследования их характеристик, проверки работоспособности решений на их основе и в учебных целях используется широко и обсуждалась, в частности, на прошлой конференции IPMT-2020 [2]. Однако особенности виртуальных сред накладывают некоторые ограничения на функции виртуализированного оборудования, а иногда и изменяют сами функции. Далее рассматриваются особенности поведения и характеристики пропускной способности виртуализированного аппаратно-программного комплекса шифрования (АПКШ) «Континент» ООО «Код Безопасности» [1] в среде Oracle Virtual Box [3].

1. Топология сети

Минимальная топология для работы с L2 и L3 VPN включает в себя три филиала и центр, представленный АРМ «Админ» (рис.1).

Управляется топология с рабочего места администратора – «Админ» и АПКШ Континент в роли центра управления сетью – «ЦУС». Первые два филиала имеют отдельные сети двух подразделений «п1» и «п2», сформированные с помощью криптокоммутаторов «КК1» и «КК2». Третий филиал используется для L3VPN на основе криптошлюзов КШ2 и ЦУС. Маршрутизатором всех сетей топологии является ОС Windows Server 2008R2. Виртуальные машины в Oracle Virtual Box снабжены четырьмя сетевыми интерфейсами, что минимально достаточно для подобных топологий. До 8 интерфейсов можно получить с помощью утилиты командной строки modifyvm.

© Коваль А. С., 2021

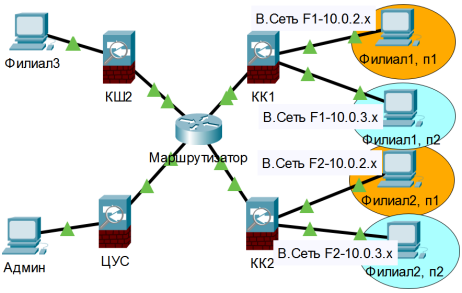


Рис. 1. Минимальная топология для L2 и L3 VPN

2. Криптокоммутация

Сети подразделений 1 и 2 данной топологии находятся как в филиале 1, так и 2, поэтому необходимо создать два изолированных L2-туннеля. Для этого в филиалах размещены два криптокоммутатора КК1 и КК2, доступные для управления через внешние интерфейсы, подключенные к маршрутизатору. Через эти же интерфейсы проходит туннелируемый трафик. В топологии требуется четыре виртуальные сети для трафика двух подразделений в двух филиалах и четыре конечных узла для тестирования. Однако L2VPN трафик в такой конфигурации не будет проходить через интерфейсы криптокоммутаторов. Это связано с несоответствием статуса «сетевое оборудование» и метода виртуализации, ориентированного на работу хоста. Оборудование вполне может принимать кадры с MAC-адресом назначения, отличающимся от адреса интерфейса, в частности, для порта криптокоммутатора – это обычный режим. Поэтому необходим «promiscuous» (неразборчивый) режим работы порта, обращенного в сторону конечной сети (рис. 2).

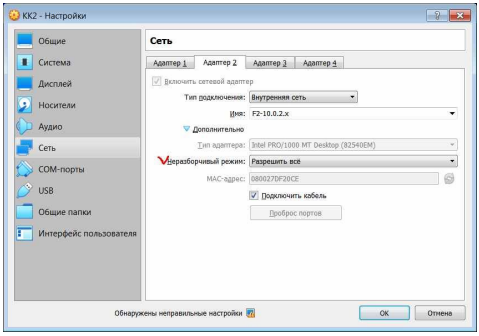


Рис. 2. Виртуальная сеть F2-10.0.2.x и режим работы порта

В вышеприведенной топологии внешние интерфейсы криптокоммутаторов могут находиться как в одной сети, так и в разных. В последнем варианте, трафик будет проходить через маршрутизатор. На практике это соответствует близко расположенным филиалам или филиалам, подключенным к разным сетям провайдеров. Результаты нагрузочного тестирования для обоих вариантов оказались примерно одинаковыми (рис. 3). Это связано с ограничением трафика на криптокоммутаторах из-за повышенных требований к процессорным ресурсам криптоалгоритмов, выполняемых на КК1 и КК2. Следует помнить, что оценка производительности выполняется на виртуализированных «Континентах» и зависит от производительности компьютера, на котором выполняется Virtual Box.

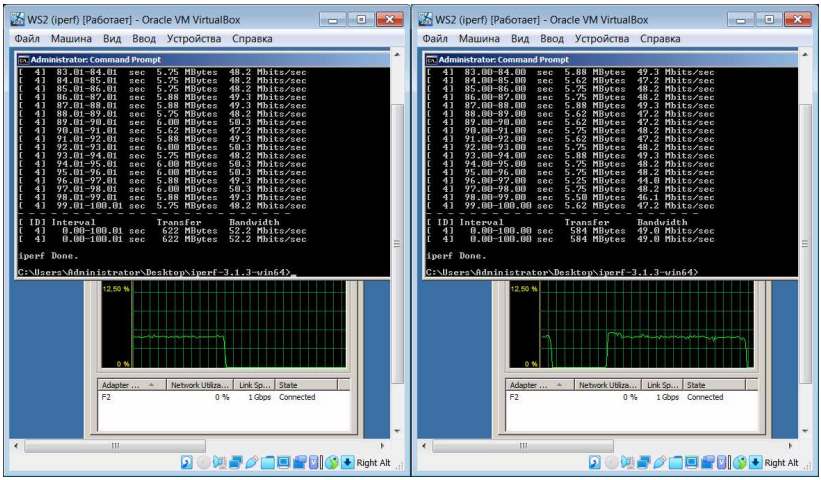


Рис. 3. Пропускная способность L2VPN инфраструктуры

Для сравнения приводится оценка пропускной способности L3VPN инфраструктуры, выполненная на той же топологии. Участвуют два криптошлюза: КШ2 и ЦУС (рис. 4).

Результаты нагрузочного тестирования L3VPN оказались близкими к результатам L2VPN при соединении криптокоммутаторов через маршрутизатор (49 Мбит/сек). Как и в случае L2VPN, узким местом является процессорный ресурс виртуальных хостов, выполняющих криптопреобразование (ЦУС и КШ2).

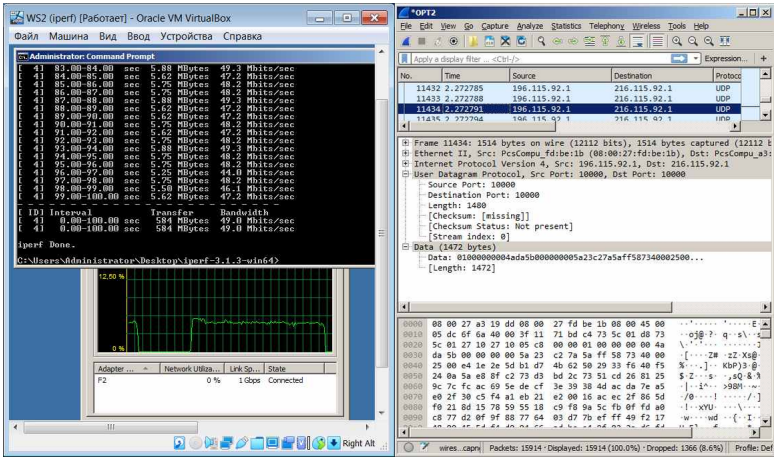


Рис. 4. Пропускная способность L3VPN и дамп трафика

Заключение

В работе рассматриваются особенности реализации инфраструктуры защищенной сети в виртуальной среде Oracle Virtual Box. Определены пропускные способности L2 и L3 VPN реализаций, особенности режимов портов виртуальных интерфейсов для криптокоммутаторов.

Список литературы

1. Аппаратно-программный комплекс шифрования "Континент" [Электронный ресурс] : Сайт АПКШ Континент. – Режим доступа : https://www.securitycode.ru/products/apksh_kontinent

2. Коваль А.С. Опыт создания виртуальных лабораторий распределенных систем защиты информации / А. С. Коваль // Информатика : Проблемы, методология, технологии : материалы XX Международной научно – методической конференции, Воронеж, 13-14 февр. 2020 г. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020 – 1047-1051 с.

3. Платформа VirtualBox [Электронный ресурс] : Сайт продукта виртуализации VirtualBox. – Режим доступа : https://www.virtualbox.org

Использование нейронной сети W-Net в металлографическом анализе образца стали

В. А. Ковун, email: sidav94@gmail.com
И. Л. Каширина, email: kash.irina@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрено автоматизированное решение задачи количественной металлографии на примере сети W-Net с использованием постобработки с помощью библиотеки opencv-python.*

Ключевые слова: *Машинное обучение, нейронные сети, металлография, обработка изображений.*

Введение

При осуществлении металлографического анализа образца стали ставятся [1] такие задачи, как:

– Выделение замкнутых контуров зёрен на микрофотографии металлического образца;

– Вычисление площадей этих зёрен;

– Получение и анализ гистограммы распределения площадей зёрен.

Пример исходной микрофотографии шлифа образца стали, полученной с помощью микроскопа, приведён на рис. 1.

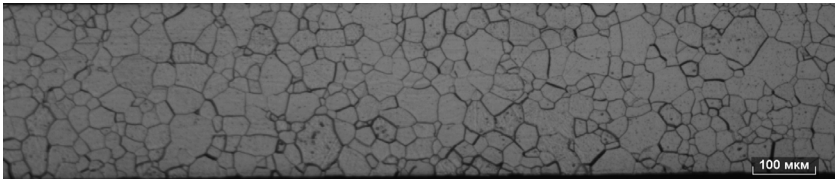


Рис. 1. Пример исходной микрофотографии шлифа образца стали

Традиционные алгоритмы обработки изображений, используемые при автоматизации решения этих задач, не всегда дают достаточно точные результаты в силу особенностей микрофотографий образцов, обусловленных, в том числе, техническим процессом их создания, поэтому автоматизация количественного металлографического анализа образцов, осуществляемого по микрофотографиям срезов, является

© Ковун В. А., Каширина И.Л., 2021

одной из актуальных областей применения методов машинного обучения

В предыдущих работах [2,3] был произведён анализ металлографического образца с помощью сети U-Net. Для решения этих задач в настоящей работе используется нейронная сеть архитектуры W-Net.

2. Материалы и методы

Архитектура W-Net была предложена в 2020 году [4]. Изначально предложенная область её применения – сегментация кровеносных сосудов на фотографиях глазного дна человека для проведения медицинских исследований. Идея сети заключается в том, чтобы, при меньшем количестве параметров сети, добиться сравнимых по качеству результатов сегментации с таковыми у других, более сложных широко используемых свёрточных нейронных сетей.

Задача, для которой была использована сеть W-Net, концептуально схожа с задачей, для которой применялась входящая в её состав архитектура U-Net. Как и U-Net [5], Сеть W-Net является вариантом полносвёрточной нейронной сети, то есть, она не содержит полносвязных слоёв [6]. Входными данными для W-Net являются исходные изображения, выходными данными является бинарная карта сегментации.

Общий вид W-Net представлен на рис. 2. Эту сеть можно представить в виде конкатенации двух экземпляров сети U-Net. Базовые сети U-Net в составе W-Net имеют по 34000 параметров, и, таким образом, W-Net имеет около 68000 параметров, и внешне похожа на букву W, что и отражено в названии. W-Net содержит два сжимающих и два расширяющих пути, которые последовательно чередуются. Исходное изображение подаётся на вход первой сети U-Net, выход которой объединяется с исходным изображением и подаётся на вход второй сети U-Net. Первая сеть генерирует первое приближение локализации кровеносных сосудов на изображении, которое используется второй сетью как своего рода карта внимания, позволяющая второй сети сосредоточиться на требующих особого внимания областях изображения.

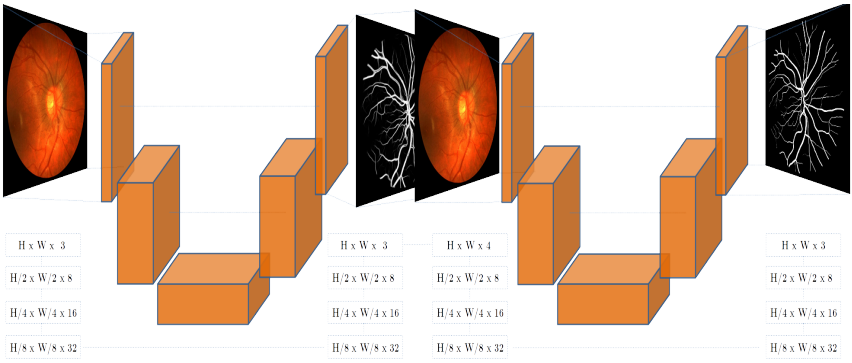


Рис. 2. Общая архитектура сети W-Net

Преимущества сети W-Net, фактически, унаследованы от используемых в её составе сетей U-Net: концептуальная простота, усложнённое переобучение, и, в силу малого количества параметров, сравнительно небольшое количество данных, требуемых для обучения сети.

При использовании W-Net для сегментации металлографического образца, её исходная тренировочная стратегия оставлена без изменений. Фактически, она сводится к минимизации функции потерь между предсказаниями модели и размеченной вручную маской для исходного изображения.

В качестве функции потерь используется BCEWithLogitsLoss, или бинарная кросс-энтропия с вектором потерь:

$$l(x, y) = L = \{l_1, \ldots, l_n\}^T, \tag{2}$$

где

$$l_n = -w_n[y_n \cdot \log \sigma(x_n) + (1 - y_n) \cdot \log(1 - \sigma(x_n))], \tag{3}$$

здесь x_n – n-ое входное значение, y_n – n-ое значение размеченной вручную маски, w_n – n-й весовой коэффициент.

Стоит отметить, что, в случае с W-Net, для первой подсети вычисляется вспомогательная функция потерь, которая затем линейно комбинируется с функцией потерь, вычисленной для второй сети (3).

$$L(\Phi(x), y) = L(\phi^1(x), y) + L(\phi^2(x), y) \tag{4}$$

Здесь L – функция потерь, Φ – функция выходных данных сети W-Net, ϕ^1 – функция выходных данных первой подсети, ϕ^2 – функция

выходных данных второй подсети, x – входные данные, y – размеченная вручную маска.

В качестве оптимизатора используется метод адаптивной оценки моментов (Adam).

Изначальная скорость обучения выставлена в 10^{-2}, и постепенно уменьшается до 10^{-6} в ходе обучения. Каждый цикл обучения продолжается в течение 50 эпох. Исходные изображения перед подачей на вход сети W-Net приводятся к общему разрешению и обрабатываются стандартными техниками аугментации (повороты и отражения). Размер батча составляет четыре изображения.

Исходный датасет для обучения W-Net состоял из 12 исходных изображений и размеченных вручную масок. С помощью аугментации методом эластичной сетки датасет был расширен до 36 изображений разрешением 2048x436 точек. 30 изображений датасета использовались в качестве обучающей выборки, 6 – в качестве тестовой. Такой малый размер обучающей выборки оправдан тем, что входные данные W-Net при обучении также автоматически подвергаются аугментации.

Результаты работы сети W-Net затем подвергаются постобработке с помощью библиотеки OpenCV, а затем с помощью той же самой библиотеки производится поиск замкнутых контуров зёрен на обработанном изображении, подсчёт площадей, ограниченных найденными контурами, а также вывод гистограмм распределения площадей зёрен.

3. Результаты

По окончании процесса обучения были достигнуты следующие значения метрик: val_auc: 0.9237, val_dice: 0.52, val_loss: 0.5004.

В качестве примера полученных результатов использован образец, представленный на рис. 1. Результирующая маска сегментации, полученная на выходе сети W-Net, представлена на рис. 3.

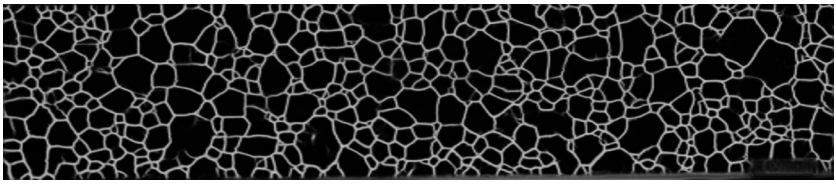


Рис. 3. Маска сегментированного изображения, полученная в результате работы сети W-Net

Поскольку границы, определённые нейронной сетью, местами являются нечёткими, а также имеют в качестве цветов разные градации

серого, полученная маска нуждается в постобработке: контрастировании и дилатации для повышения чёткости границ зёрен. Было использовано гауссово контрастирование с размером окрестности в 5x5 пикселей.

С помощью функции FindContours() библиотеки OpenCV были выделены и аппроксимированы границы зёрен. Было использовано иерархическое построение (RETR_CCOMP), метод аппроксимации границ – CHAIN_APPROX_SIMPLE. На рис. 4 приведено изображение найденных контуров зёрен, на рис. 5 приведены контуры зёрен на размеченной вручную маске.

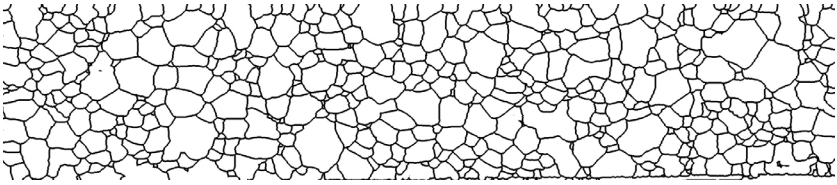


Рис. 4. Найденные и аппроксимированные границы зёрен

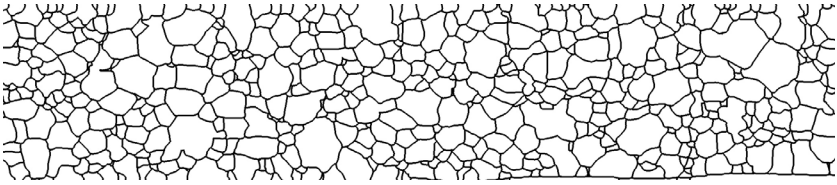


Рис. 5. Границы зёрен на размеченной вручную маске сегментации

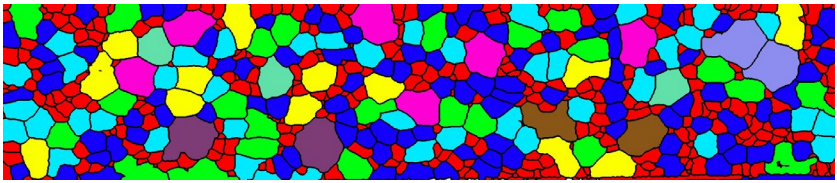


Рис. 6. Аппроксимированные границы зёрен, закрашенные в соответствии с их площадью

По вычисленным границам сегментов были найдены их площади и построена гистограмма распределения площадей. На рис. 5 представлены сегменты, закрашенные в соответствии с цветом столбцов гистограммы. Поскольку предоставленные образцы микрофотографий сталей имеют фиксированный масштаб, значения площадей сегментов,

вычисляемые в пикселях, могут быть по пропорции приведены к квадратным микрометрам, что и было проделано.

На рис. 6 и рис. 7 приведены итоговые гистограммы распределения площадей сегментов для результата работы сети W-Net и размеченной вручную маски соответственно.

Видно, что результат работы предлагаемого алгоритма выделения зерен стали на микрофотографиях близок к эталонному результату для размеченного вручную образца.

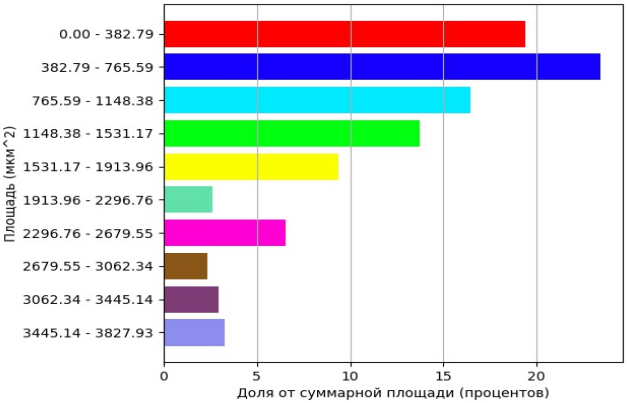


Рис. 7. Гистограмма распределения площадей найденных зёрен

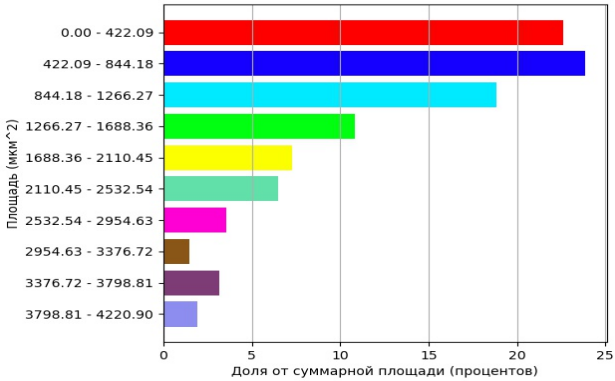


Рис. 8. Гистограмма распределения зёрен на размеченной вручную маске

4. Заключение

В настоящей статье была сформулирована задача количественного металлографического анализа, а также приведён пример использования нейронной сети W-Net для автоматического определения границ зёрен на микрофотографии образца стали. Полученное изображение было подвергнуто постобработке, после чего на нём были выделены и аппроксимированы контуры границ сегментов. Также была построена гистограмма распределения площадей зёрен. Приведённые методы и средства могут быть использованы для упрощения процесса металлографического исследования при производстве сталей.

Список литературы

1. ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна (с Изменением N 1). – Взамен ГОСТ 5639-65; Введ. с 01.01.1983. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 16 с.
2. Ковун, В. А. Разработка моделей и алгоритмов машинного обучения для автоматического металлографического определения наблюдаемых размеров зерен стали / В. А. Ковун, И. Л. Каширина // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сб. тр. участников I Всерос. научно-практической конф. "Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики" (Воронеж, 11-13 ноября 2019 г.). – Воронеж, 2020. – С. 249-255.
3. Kovun, V. A. On development of models and algorithms for automated metallographic measurement of visible metal slice grain sizes / V. A. Kovun, I. L. Kashirina. // Journal of Physics: Conference Series, 2020.
4. The Little W-Net That Could: State-of-the-Art Retinal Vessel Segmentation with Minimalistic Models / A. Galdran [и др.] // Electrical Engineering and Systems Science – 2020. Режим доступа : https://arxiv.org/abs/2009.01907
5. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, New York: Springer, Cham, 2015. – vol. 9351, C. 234-241. Режим доступа: https://arxiv.org/ abs/1505.04597
6. Jonathan Long, Evan Shelhamer, Trevor Darrell Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2015. – С. 3431-3440. Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/7298965
7. Lwnet [Электронный ресурс] : репозиторий исходного кода / Github – База данных – Режим доступа: https://github.com/agaldran/lwnet
8. Медведев, В. С. Нейронные сети / В. С. Медведев; под общ. ред. В. Г. Потемкина. – М., ДИАЛОГ-МИФИ, 2001. – 630 с.

Алгоритм определения положения линейного объекта в трехмерном пространстве по данным стереонаблюдений в оптическом диапазоне длин волн

А. А. Козирацкий, email: akoziratskiy@gmail.com [1]
В. Д. Попело, email: popelovd@gmail.com [1]
Д. К. Проскурин, email: pdk@vgasu.vrn.ru [2]
П. Е. Кулешов, email: pekulesh@yandex.ru [3]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Воронежский государственный технический университет
[3] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Предложен алгоритм определения положения в пространстве линейного объекта, использующий результаты фотограмметрической обработки пары цифровых видеоизображений, полученных средствами наблюдения с идентичными техническими характеристиками. Сформулирован принцип таких измерений. Определены границы применения алгоритма, обусловленные дискретным характером используемых изображений.*

Ключевые слова: *линейный объект, пространственное положение, стереоскопическое наблюдение, фотограмметрическая обработка, цифровое изображение.*

Введение

Активные и пассивные средства дистанционного наблюдения обеспечивают обнаружение и определение параметров объектов путем регистрации собственного и рассеянного излучения этих объектов, например, оптического. В зависимости от соотношений между размерами вдоль ортогональных осей трехмерной пространственной системы координат объекта (q_x, q_y, q_z) и элемента разрешения средства наблюдения (l_x, l_y, l_z) все цели наблюдения могут быть отнесены к одному из четырех классов объектов:

– «нуль-мерных» ($0\mathrm{d}$, точечных), если $q_x < l_x$, $q_y < l_y$, $q_z < l_z$;

– одномерных ($1\mathrm{d}$, линейных), среди которых выделяют две группы: одномерных объектов «поперечного» расположения, когда,

© Козирацкий А. А., Попело В. Д., Проскурин Д. К., Кулешов П. Е., 2021

$q_y < l_y$, $q_z < l_z$ или $q_x < l_x$, $q_y < l_y$, $q_z > l_z$, и одномерных объектов «продольного» расположения, когда $q_x < l_x$, $q_y > l_y$, $q_z < l_z$;

– двумерных ($2\,\mathrm{d}$), среди которых также выделяют две группы: двумерных объектов «поперечного» расположения (площадных), если $q_x > l_x$, $q_y < l_y$, $q_z > l_z$ и двумерных объектов «продольного» расположения, если $q_x > l_x$, $q_y > l_y$, $q_z < l_z$ или $q_x < l_x$, $q_y > l_y$, $q_z > l_z$;

– трехмерных ($3\,\mathrm{d}$, объемных), если $q_x > l_x$, $q_y > l_y$, $q_z > l_z$.

При пассивном характере наблюдения с использованием неподвижного единственного пространственно-одноканального средства существует возможность дистанционного определения лишь плановых размеров объекта (q_x, q_z), но отсутствует возможность оценивания его «глубины» (q_y). Эта возможность появляется при осуществлении стереоскопических наблюдений с применением подвижных или пространственно-многоканальных средств. В настоящее время разработано большое число алгоритмов совместной фотограмметрической обработки данных стереоскопических наблюдений трехмерных объектов [1-3], но практически отсутствуют модификации таких алгоритмов, предназначенные для определения ориентации в пространстве двумерных и одномерных объектов. Вместе с тем, в последнее время особую практическую важность приобрела задача определения пространственного положения линейных объектов таких, например, как линий электропередач, в интересах осуществления навигации аппаратов пилотируемой и беспилотной авиации на малых высотах в пределах городских территорий и мест локализации техногенных объектов. Большой интерес представляет также определение положения лазерных пучков, создаваемых средствами оптической связи и локации, обладающих прямолинейными траекториями, и наблюдаемых с боковых направлений вследствие рассеяния их излучения на неоднородностях атмосферы.

Целью настоящей работы является разработка алгоритма определения положения в пространстве линейного объекта по результатам фотограмметрической обработки пары цифровых видеоизображений, полученных из пространственно-разнесенных точек средствами наблюдения с идентичными техническими характеристиками.

1. Основные допущения

1. Наблюдение осуществляют пассивным методом, регистрируя рассеянное несамосветящимся линейным объектом естественное излучение или рассеянное в атмосфере излучение лазерного пучка. При этом анализируют проективные изображения, создаваемые идентичными цифровыми (матричными) средствами видеонаблюдения (датчиками).

2. Для формализации геометрических отношений в задаче использована прямоугольная правая система координат SXYZ с началом в точке S центра проекции первого датчика. Центр проекции S расположен в плоскости объектива средства наблюдения (датчика) на его оптической оси. Ось SX системы координат лежит в горизонтальной плоскости, ось SZ – в вертикальной, а ось SY направлена от центра проекции S к исследуемому объему пространства вдоль оптической оси средства наблюдения.

3. Второй датчик, идентичный по своим техническим характеристикам первому, смещен в пространстве на расстояние B, которое называют базис стереоизмерений. С центром проекции S′ второго датчика также связана система координат S′X′Y′Z′ такая, что координаты произвольной точки в системах координат SXYZ и S′X′Y′Z′ соотносятся как $x = x' + B$, $y = y'$, $z = z'$.

4. Каждый датчик представляет собой пространственно-многоканальное средство проективного наблюдения, объектив которого имеет неизменные и известные значения фокусного расстояния f и диаметра D апертуры. Поглощение в оптической системе отсутствует.

5. Фотоприемное устройство каждого датчика, размещено вблизи фокальной плоскости объектива, имеет линейные размеры $w_n \times w_m$ (обычно $w_n << f$, $w_m << f$) и обеспечивает формирование растрового изображения с количеством элементов $n \times m$. Размеры элемента ФПУ $w_n / n \sim w_m / m$ превышают размеры кружка рассеяния ϖ объектива. Все элементы ФПУ идентичны по чувствительности η, работают на линейном участке рабочей характеристики.

6. Телесное угловое поле средства наблюдения – $\Omega = w_n w_m f^{-2}$. Угловые поперечные (в плоскостях SXY и SYZ) размеры его элемента разрешения определяются соотношениями $\theta_x = w_n/nf$, $\theta_z = w_m/mf$ соответственно.

7. Произвольная точка A линейного объекта отображается в плоскости ФПУ-1 (первого датчика) и ФПУ-2 (второго датчика), с которыми связаны две двумерные системы координат a_0, x, z и a'_0, x', z', где a_0, a'_0 – главные точки проективных изображений, создаваемых объективами первого и второго датчика. В хорошо отъюстированных оптических системах главные точки – это точки пересечении плоскости изображения оптической осью объектива, то есть $a_{0x} = a_{0z} = a'_{0x} = a'_{0z} = 0$. Поэтому координаты изображения точки A, создаваемые каждым датчиком, отсчитываемые от положения главной точки имеют значения a_x, a_z и a'_x, a'_z соответственно.

Исходные геометрические соотношения, иллюстрирующие допущения, принятые для решения задачи, представлены на рисунке 1. Для обеспечения совпадения направлений координатных осей систем SXYZ и a_0, x, z, а также S′X′Y′Z′ и a'_0, x', z', плоскости ФПУ-1 и ФПУ-2 повернуты относительно центров проектирования S и S′ на угол 180°.

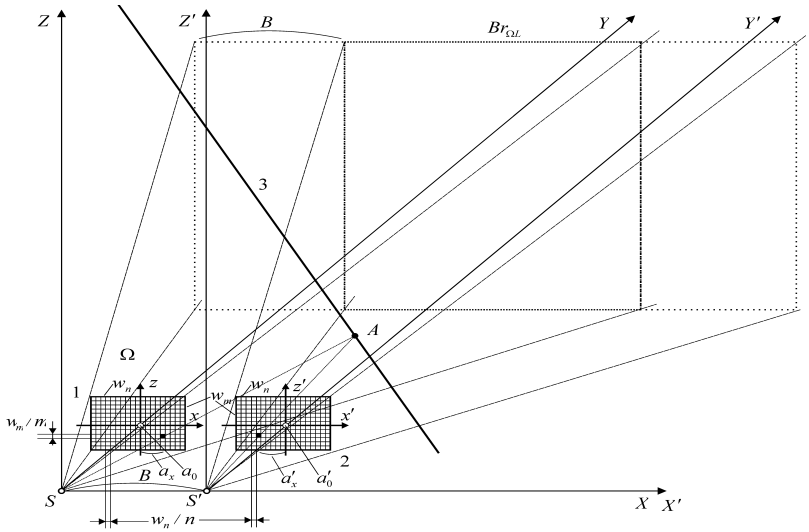
2. Принцип определения трехмерных координат точек линейного объекта

Рассмотрим связь плановых координат точки $A(X_A, Y_A, Z_A)$ со значениями плановых координат a_x, a_z и a'_x, a'_z ее проективных изображений, созданных ФПУ-1 и ФПУ-2 соответственно. Обратим внимание (рисунок 1), что координаты $a_z = a'_z$, вследствие того, что проектирующие лучи AS и AS′ лежат в одной плоскости, являясь сторонами треугольника ASS′. Следовательно, совпадают номера строк матриц, которые содержат отклики на рассеянное излучение, приходящее из точки A линейного объекта. Соответственно другие точки линейного объекта отображаются в других строках ФПУ-1 и ФПУ-2. Таким образом, проблема выбора «соответственных точек» на изображениях, создаваемых каждым из средств наблюдения для линейного объекта (в отличие от трехмерного [1-3]), решается автоматически, если отсутствуют сдвиг S′ относительно S по координате Z и повороты осей S′Z′ относительно SZ и S′Y′ относительно SY.

Принцип определения трехмерных координат произвольной точки A линейного объекта иллюстрирует рисунок 2. Для упрощения графических построений на рисунке 2 рассмотрена конфигурация

проектирующих лучений в плоскости SXY и совпадающей с ней плоскости S′X′Y′.

Рассмотрим вначале возможность определения продольной координаты точки $A - X_A$. Из схемы, приведенной на рисунке 2, следует:



1, 2 – матрицы ФПУ двух каналов датчика; 3 – траектория пучка лазерного излучения в пространстве; A – точка на траектории пучка лазерного излучения

Рис. 1. Геометрические соотношения в задаче определения пространственного положения пучка лазерного излучения по данным стереоизмерений

$$Y_A = \frac{f\,B}{p_a}, \tag{1}$$

где $p_a = a_x - a'_x$ – параллакс точки A на изображениях, формируемых ФПУ-1 и ФПУ-2 (на рисунке 2 значение $a'_x < 0$).

Следует отметить, что формула (1) отражает алгоритм определения продольной координаты точки вне зависимости от ее высоты относительно плоскости SXY.

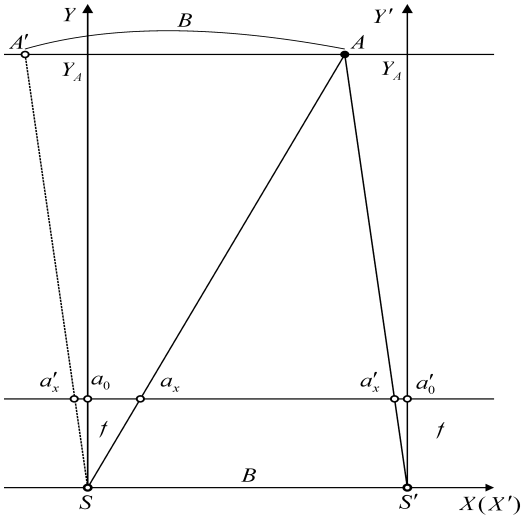


Рис. 2. Схема определения координат X_A и Y_A точки A по плановым координатам изображений a_x и a'_x, измеренным в ФПУ-1 и ФПУ-2

После вычисления значения продольной координаты Y_A алгоритм определения поперечной координаты X_A имеет простую структуру, которую отражает следующая формула:

$$X_A = \frac{Y_A a_x}{f} = \frac{B a_x}{p_a} \tag{2}$$

Аналогично (2) определяют координату Z_A:

$$Z_A = \frac{Y_A a_z}{f} = \frac{B a_z}{p_a}. \tag{3}$$

Для определения ориентации линейного объекта в пространстве достаточно знать трехмерные координаты двух несовпадающих точек этого объекта, то есть определить плановые координаты его изображения в двух различных строках матриц, расположенных в плоскостях ФПУ-1 и ФПУ-2 и рассчитать соответствующие параллаксы.

Абсолютное значение удаления линейного объекта вычисляют по формуле (1).

Для более детального формализованного описания пространственного положения линейного объекта свяжем с ним вектор,

ориентированный от его наиболее удаленной точки к наиболее близкой. Тогда в соответствие с известными соотношениями аналитической геометрии (см., например, [4]) координаты этого вектора в системе $SXYZ$ могут быть выражены через трехмерные координаты начала и конца вектора как:

$$X_L = X_{L1} - X_{Lm} = B\left(\frac{a_{x1}}{p_1} - \frac{a_{xm}}{p_m}\right); \tag{4}$$

$$Y_L = Y_{L1} - Y_{Lm} = fB\left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_m}\right); \tag{5}$$

$$Z_L = Z_{L1} - Z_{Lm} = B\left(\frac{a_{z1}}{p_1} - \frac{a_{zm}}{p_m}\right), \tag{6}$$

где X_L, Y_L, Z_L – координаты вектора, связанного с линейным объектом; X_{Lm}, Y_{Lm}, Z_{Lm} – координаты начала этого вектора; X_{L1}, Y_{L1}, Z_{L1} – координаты конца вектора, связанного с линейным объектом.

Формулы (4) – (6) соответствуют случаю $p_1 > p_m$.

Протяженность L линейного объекта определяет выражение:

$$L = B\sqrt{\left(\frac{a_{x1}}{p_1} - \frac{a_{xm}}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{f}{p_1} - \frac{f}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{a_{z1}}{p_1} - \frac{a_{zm}}{p_m}\right)^2}. \tag{7}$$

Наклон линейного объекта относительно координатных осей системы $SXYZ$ (направляющие косинусы) определяют выражения:

$$\cos\alpha = \frac{\left(\frac{a_{x1}}{p_1} - \frac{a_{xm}}{p_m}\right)}{\sqrt{\left(\frac{a_{x1}}{p_1} - \frac{a_{xm}}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{f}{p_1} - \frac{f}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{a_{z1}}{p_1} - \frac{a_{zm}}{p_m}\right)^2}}; \tag{8}$$

$$\cos\beta = \frac{f\left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_m}\right)}{\sqrt{\left(\frac{a_{x1}}{p_1} - \frac{a_{xm}}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{f}{p_1} - \frac{f}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{a_{z1}}{p_1} - \frac{a_{zm}}{p_m}\right)^2}}; \tag{9}$$

$$\cos\gamma = \frac{\left(\frac{a_{z1}}{p_1} - \frac{a_{zm}}{p_m}\right)}{\sqrt{\left(\frac{a_{x1}}{p_1} - \frac{a_{xm}}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{f}{p_1} - \frac{f}{p_m}\right)^2 + \left(\frac{a_{z1}}{p_1} - \frac{a_{zm}}{p_m}\right)^2}}, \qquad (10)$$

где α, β, γ – углы, образуемые вектором (связанным с линейным объектом) с координатными осями SX , SY и SZ .

Соотношения (4) – (10) отражают существо алгоритма определения положения в пространстве линейного объекта по результатам фотограмметрической обработки пары цифровых видеоизображений, полученных из разнесенных на величину базиса стереоизмерений точек средствами наблюдения с идентичными техническими характеристиками.

3. Границы применения алгоритма, обусловленные дискретным характером изображений

Полученные выше соотношения (4) – (10), не учитывают дискретный характер изображений, формируемых матричными приемниками ФПУ-1 и ФПУ-2. Необходимость учета этого фактора накладывает ряд ограничений на область применимости разработанного алгоритма.

Минимальное расстояние $Y_{\min}$ соответствует ближней границе пространственной области перекрытия угловых полей датчиков

$$X_A = \frac{Y_A a_x}{f} = \frac{B a_x}{p_a} \qquad (11)$$

Это же значение Y_{min} может быть получено из условия достижения максимального значения параллакса p_{max}, которое не может превысить геометрических размеров каждой из матриц ФПУ-1 и ФПУ-2.

Максимальное расстояние Y_{max}, определяющее потенциальные возможности определения дальности до линейного объекта, определяется минимально возможным значением параллакса p_{min}, которое не может быть меньше ширины одного элемента матрицы ФПУ, то есть:

$$p_{\min} = \frac{w_n}{n}. \qquad (12)$$

Тогда:

$$Y_{\max} = \frac{nfB}{w_n}. \quad (13)$$

Исходя из требований к значениям Y_{min} и Y_{max}, можно подобрать соответствующие значения величин B, f, w_n, n, то есть базиса стереоизмерений, фокусного расстояния объективов датчика, размеров матрицы ФПУ и числа чувствительных элементов матрицы.

Ограничения, связанные с точностью определения координат точек линейного объекта. При условии точного знания значений B, f, относительная среднеквадратическая погрешность стереоизмерений дальности равна относительной среднеквадратической погрешности измерения параллакса. Если считать, что среднеквадратическая погрешность определения параллакса σ_p определяется, в основном, погрешностью дискретизации изображения, создаваемого матрицей, то:

$$\frac{\sigma_p}{p} \approx \frac{0{,}4w_n}{np}. \quad (14)$$

Для параллакса $p_{min} = \frac{w_n}{n}$ значение относительной среднеквадратической погрешности измерений дальности составит:

$$\frac{\sigma_{Y\max}}{Y_{\min}} \approx 0{,}4\,. \quad (15)$$

Для малых дальностей погрешность измерений существенно уменьшается и для Y_{min} и составит:

$$\frac{\sigma_{Y\max}}{Y_{\min}} \approx 0{,}4n^{-1}\,. \quad (16)$$

Список литературы

1. Лобанов А.Н. Фотограмметрия / А.Н. Лобанов – М.: Недра, 1984. – 552 с.

2. Назаров А.С. Фотограмметрия / А.С. Назаров. – М.: ТетраСистемс, 2006. – 368 с.

3. Da Silva D.C. Special Applications of Photogrammetry / D.C. Da Silva – Intech, 2012. – 136 с.

4. Умнов А.Е. Аналитическая геометрия и линейная алгебра / А.Е. Умнов – М.: МФТИ, 2010. – 570 с.

Алгоритмы быстрого размытия изображений, основанные на фильтре Гаусса

П. Н. Красковский, email: kraskovskij@bsuir.by

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Рассмотрены эффективные алгоритмы размытия изображений, позволяющие существенно уменьшить время обработки, по сравнению с алгоритмом размытия Гаусса. Произведено сравнение времени работы рассмотренных алгоритмов, а также выявлена зависимость между степенью размытия изображения и скоростью его обработки.*

Ключевые слова: *размытие изображений, аппроксимация, размытие Гаусса, скользящее среднее, ядро свёртки.*

Введение

Размытие изображений широко используется в машинном обучении, в игровых приложениях, в программах для редактирования растровой и векторной графики, цифровой обработки сигналов и т.д. Размытие изображений часто применяется для выделения общих черт объектов при распознавании образов, создания различных постэффектов в компьютерных играх, сокрытия конфиденциальной информации, уменьшения шума и т.д.

Существует несколько способов размытия изображений, одним из которых является размытие Гаусса. Данный способ основан на использовании функции Гаусса, которая совпадает с функцией плотности вероятности нормального распределения. Данная функция используется для построения ядра свёртки, которое применяется к каждому пикселю изображения для его размытия [1].

Основная суть алгоритма заключается в том, чтобы обработать каждый пиксель изображения путём сложения этого пикселя с соседними пикселями в некоторой окрестности, ограниченной размером ядра свёртки, предварительно умножив все суммируемые пиксели на соответствующие коэффициенты ядра свёртки, вычисленные с помощью функции Гаусса. Чем больше пикселей участвуют в вычислении результирующего пикселя (чем больше размер ядра свёртки), тем больше эффект размытия.

© Красковский П. Н., 2021

С увеличением разрешения изображения необходимо увеличивать размер ядра свёртки, чтобы достичь приемлемого уровня размытия. Так как ядро свёртки представляет собой квадратную матрицу, которую нужно применить к каждому пикселю изображения, с увеличением размера ядра количество выполняемых операций увеличивается квадратично.

В данной работе рассмотрены алгоритмы размытия изображений, использующие свойства функции Гаусса, которые позволяют существенно сократить количество выполняемых операций.

1. Стандартное размытие Гаусса с использованием двухмерной матрицы коэффициентов

Прежде чем применить размытие Гаусса к изображению, необходимо рассчитать весовые коэффициенты ядра свёртки, которые затем будут использоваться для обработки каждого пикселя изображения. Для этого можно использовать функцию Гаусса для двух измерений по формуле (1), которая получается путём перемножения двух одномерных функций Гаусса для каждого измерения.

$$G(x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

- σ – стандартное отклонение нормального распределения;
- x – горизонтальное смещение от центра ядра свёртки;
- y – вертикальное смещение от центра ядра свёртки.

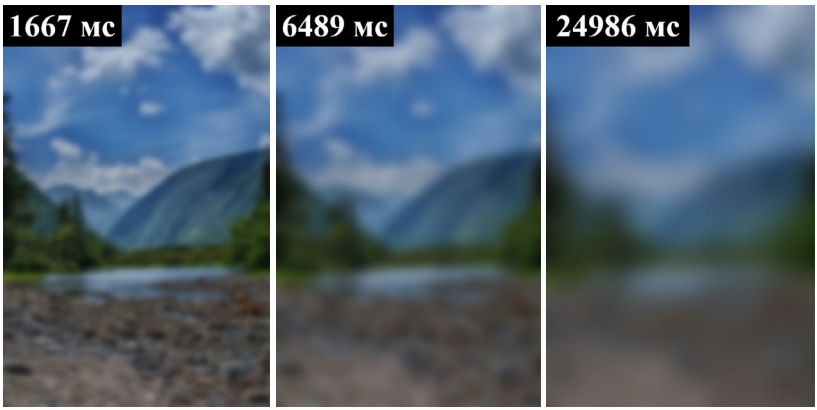
Так как в функции Гаусса используется стандартное отклонение нормального распределения, необходимо правильно определить соответствующий размер ядра свёртки. Это можно сделать, используя правило трёх сигм. Согласно данному правилу, практически все значения нормально распределённой случайной величины лежат в интервале 6σ. Из этого следует, что размер ядра свёртки должен быть равен $6\sigma + 1$.

На рис. 1 представлена матрица коэффициентов, вычисленная по формуле (1) для $\sigma = 0{,}6$. Применив операцию свёртки для каждого пикселя изображения с использованием сгенерированной матрицы, получается новое размытое изображение.

0,00001	0,00043	0,00171	0,00043	0,00001
0,00043	0,02749	0,11024	0,02749	0,00043
0,00171	0,11024	0,4421	0,11024	0,00171
0,00043	0,02749	0,11024	0,02749	0,00043
0,00001	0,00043	0,00171	0,00043	0,00001

Рис. 1. Матрица коэффициентов для $\sigma = 0{,}6$

На рис. 2 показан результат применения двухмерного размытия Гаусса с различными значениями сигмы, а также время обработки каждого изображения. Из рис. 2 видно, что при увеличении значения сигмы увеличивается степень размытия изображения. При этом время обработки изображения значительно увеличивается.



а б в

а – $\sigma = 5$, *б* – $\sigma = 10$, *в* – $\sigma = 20$

Рис. 2. Результат применения двухмерного размытия Гаусса

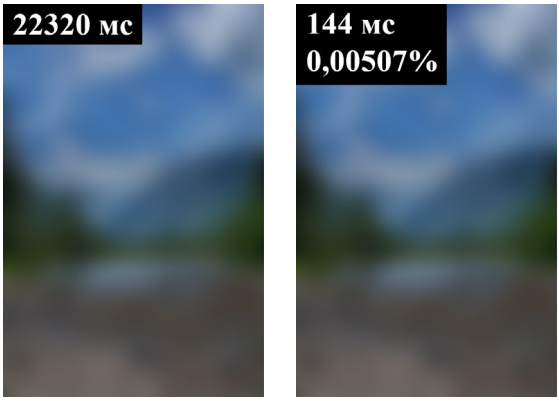
2. Двухпроходное размытие Гаусса с использованием одномерной матрицы коэффициентов

На рис. 1 можно увидеть, что матрица коэффициентов обладает свойством симметричности. Данное свойство можно использовать для сокращения времени обработки изображений. Для этого необходимо построить одномерный массив коэффициентов по формуле (2), используя функцию Гаусса для одного измерения [1].

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}. \quad (2)$$

Полученный массив применяется к каждому пикселю изображения сначала в виде вектора-строки для размытия изображения по горизонтали, а затем в виде вектора-столбца для размытия результирующего изображения по вертикали. В итоге получается то же самое изображение, что и после применения двухмерного размытия Гаусса, однако временная сложность алгоритма становится линейной $O(2n)$.

На рис. 3 показано сравнение двухмерного размытия Гаусса и двухпроходного размытия Гаусса для $\sigma = 20$. Из рис. 3 видно, что время обработки двухпроходным размытием Гаусса значительно сократилось, по сравнению с двухмерным алгоритмом, а стандартное отклонение между изображениями пренебрежительно мало (0,00507%), т.е. разница между изображениями практически отсутствует.



а б

а – двухмерное размытие Гаусса, б – двухпроходное одномерное размытие Гаусса

Рис. 3. Сравнение двух алгоритмов размытия изображений

3. Аппроксимация размытия Гаусса трёхпроходным скользящим средним

Размытие Гаусса можно аппроксимировать скользящим средним, если последовательно применить данный фильтр несколько раз. Чем

больше количество применений фильтра, тем точнее аппроксимация. Трёх применений достаточно в большинстве случаев.

Скользящее среднее представляет собой фильтр, который производит усреднение всех пикселей, попавших в скользящее окно, заданного размера.

Так же, как и для двухпроходного размытия Гаусса, двухмерное скользящее окно можно разбить на горизонтальное и вертикальное одномерные окна. Однако нет необходимости на каждом шаге алгоритма вычислять среднее арифметическое всех пикселей, попавших в скользящее окно, так как можно воспользоваться суммой, полученной на предыдущем шаге. Для этого необходимо из предыдущей суммы вычесть крайний левый пиксель окна на предыдущем шаге и прибавить крайний правый пиксель окна на текущем шаге [2].

После завершения всех проходов скользящим средним необходимо разделить накопленные суммы для каждого пикселя на количество пикселей, участвовавших в формировании суммы.

Также для точной аппроксимации размытия Гаусса необходимо вычислить размер скользящего окна для заданной сигмы по формуле (3) [3].

$$size = \sqrt{\frac{12\sigma^2}{n} + 1}\,, \tag{3}$$

где n – количество проходов скользящим средним.

На рис. 4 показано сравнение трёх рассмотренных алгоритмов для $\sigma = 20$. Аппроксимация размытия Гаусса скользящим средним показывает наилучшее время обработки изображения при незначительном стандартном отклонении от эталонного изображения (0,46379%). Так как в данном алгоритме происходит накопление суммы пикселей, скорость обработки изображения практически не зависит от размера скользящего окна.

Заключение

В данной работе были рассмотрены три алгоритма размытия изображений. Также были проанализированы временные затраты каждого алгоритма, и выявлена зависимость между степенью размытия изображения и скоростью обработки. В результате можно сделать вывод, что аппроксимация размытия Гаусса скользящим средним даёт схожие результаты при существенном сокращении времени обработки, которое не зависит от размера окна (значения сигмы).



а б в

а – двухмерное размытие Гаусса, б – двухпроходное одномерное размытие Гаусса, в – трёхпроходное скользящее среднее

Рис. 4. Сравнение трёх алгоритмов размытия изображений

Список литературы

1. LearnOpenGL – Bloom [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://learnopengl.com/Advanced-Lighting/Bloom

2. Fastest Gaussian Blur (in linear time) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://blog.ivank.net/fastest-gaussian-blur.html

3. Kovesi P. Fast Almost-Gaussian Filtering / P. Kovesi // The Australian Pattern Recognition Society Conference: DICTA 2010. – Sydney, Australia, December 2010. – P. 1-5.

Обработка больших данных при обнаружении области коррекции траектории беспилотного летательного аппарата по рельефу земной поверхности

К. В. Крюкова, e-mail: kamila.kryukova.2015@mail.ru[1]
В.И. Лютин, e-mail: lyutin_v_i@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 обнаружении области коррекции траектории движения беспилотного летательного аппарата. Рассчитаны характеристики обнаружения, по которым определено число каналов обнаружителя в зависимости от точности измерения высот при зондировании земной поверхности.*

Ключевые слова: *теория различения гипотез, достаточная статистика, обнаружение сигналов.*

Введение

При доставке грузов в труднодоступных и малонаселённых местностях с применением беспилотных летательных аппаратов (БЛА), вчастности, в арктических областях, где затруднительна корректировка траектории полёта по сигналам от системы глобального позиционирования (GPS) при действии полярных сияний [1], точность вывода БЛА определяется инерциальной навигационной системой (ИНС) [2,3], чего может оказаться недостаточно.

В связи с этим актуальным становится корректировка траектории по рельефу земной поверхности, отображаемому массивом высот, в виде 2,5-мерных пространственных баз данных, называемых геоинформационными системами (ГИС) [4].

Цель работы – синтез алгоритма обнаружения области коррекции траектории движения беспилотного летательного аппарата и оценка точности обнаружения по результатам анализа рельефа земной поверхности под линией пути.

© Крюкова К. В., Лютин В.И., 2021

1. Постановка задачи

В системах обнаружения прохода БЛА над областью коррекции требуется высокая скорость принятия решений, поэтому должны применяться элементы искусственного интеллекта, осуществляющего сопоставление поступающих данных с образцами ожидаемых. В связи с этим требуется подготовка ориентированной относительно проектной линии пути БЛА области коррекции траектории, что приводит к необходимости решения задач пересчёта известных отсчётов высот земной поверхностии синтеза оптимального алгоритма автоматической системы принятия решений о проходе БЛА над областью коррекции [6].

На рисунке 1 показаны геометрические построения для иллюстрации пересчёта отсчётов высот земной поверхности. Через выбранный участок ландшафта с размерами $A \times B$ в системе координат $x0y$ с осью y, направленной по заданному направлению, например, «Север-Юг», проходит проектная линия пути БЛА с азимутом α [6].

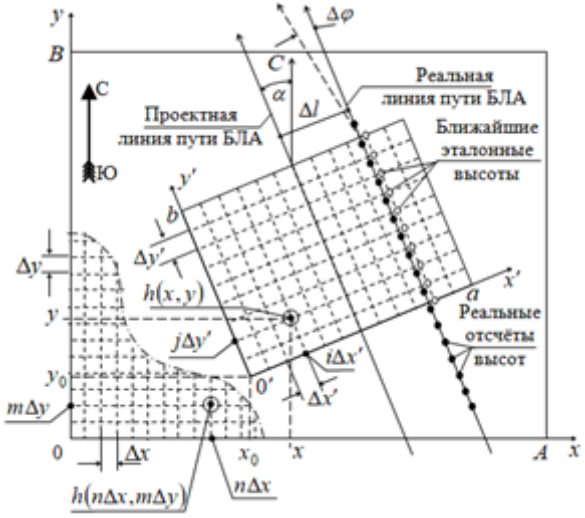


Рис. 1. Выделение области коррекции траектории БЛА

На участке заданы отсчёты высот земной поверхности с интервалами дискретизации $\Delta x, \Delta y$ [6], по которым с применением ряда Котельникова восстанавливается непрерывная функция высот земной поверхности [5] и 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 $x0y$.

$S(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	2
1	1	0	1	0	0	0	0	3
0	0	1	0	1	1	0	0	4
0	0	0	1	0	0	0	0	5
0	0	0	1	0	0	1	1	6
0	0	0	0	0	1	0	0	7
0	0	0	0	0	1	0	0	8

Ширина области коррекции 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 составляет от 10 до 100 км по каждому из направлений [2, 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 $j \cdot \Delta y'$ [6].

Точки взятия отсчётов высот показаны на рисунке 1 вдоль реальной линии пути чёрными кружками. Ближайшая последовательность отсчётов высот к реальной последовательности показана на рисунке 1 белыми кружками. Чтобы обнаружить область коррекции и определить местоположение линии реального пути, требуется построить гипотезы $H_i \quad i = \overline{0, I}$ о том, что $J+1$ последних измеренных высот вдоль линии реального пути отклоняются не более чем на $\pm \Delta x'/2$ от одной из

i, $i=\overline{0,I}$ последовательностей эталонов высоты, причём число различаемых гипотез равно $I_0 = I+2$, из которых $I+1$ соответствуют гипотезам H_i $i=\overline{0,I}$ и одна гипотеза H_Z об отсутствии области коррекции под линией пути БЛА (zero-гипотеза).

Скорость полёта БЛА считается известной, поэтому интервал взятия отсчётов высот принимается равным интервалу вычисления высот области коррекции, следовательно, число измеренных высот принимается равным числу эталонных высот $J+1$ вдоль области коррекции. Пусть известно, что в течение интервала наблюдения, длительностью $T_н$, БЛА пройдёт через область коррекции. Высоты измеряются через промежутки времени T_0, называемыми тактовыми интервалами. При скорости полёта БЛА, равной V, тактовый интервал равен $T_0 = \Delta y'/V$, причём $T_н >> (J+1)T_0$, то есть время пролёта БЛА над областью коррекции находится внутри интервала $T_н$.

2. Синтез алгоритма

Рассмотрим задачу сложного обнаружения сигнала в виде последовательности высот, математическое выражение для которой по гипотезе H_i $i=\overline{0,I}$ записывается в виде

$$h_i(t) = \sum_{j=0}^{J} h_{ij} \cdot \mathrm{rect}\left[t - \theta_0 + J \cdot T_0 - (j-1)T_0 - \tau_0\right], \qquad (1)$$

где T_0 – длительность тактового интервала, τ_0 – задержка, временной сдвиг (не превышающий $\pm T_0/2$) между моментами времени измерения высот (тактовыми моментами) $\{t_k = kT_0, \quad k = 1,2,...\}$ обнаруживаемой последовательности и тактовыми моментами опорной последовательности $\{t_m = mT_0, \quad m = 1,2,...\}$, θ_0 – время окончания пролёта БЛА над областью коррекции,

$$\mathrm{rect}[t - \theta_0 + LT_0 - (j-1)T_0 - \tau_0] = \begin{cases} 1, \text{ при } \theta_0 - LT_0 + (j-1)T_0 \le t - \tau_0 \le \theta_0 - LT_0 + jT_0, \\ 0, \qquad\qquad \text{при другиx } t. \end{cases} \qquad (2)$$

В результате измерения высот формируется векторное наблюдение $\vec{Z} = \{z_0, z_1, \ldots, z_j, \ldots, z_J\}$, каждый компонент которого, если справедлива гипотеза H_i $i=\overline{0,I+1}$, равен [7]

$$z(t)=\begin{cases} h_i(t)+n_j, & по \quad гипотезе \quad H_i, \\ h_Z(t)+n_j, & по \quad гипотезе \quad H_Z, \end{cases} \quad t\in[t_0;t_0+T_н]. \qquad (3)$$

где n_j – ошибки измерения высот, вызванные не совпадением точек измерения высот с размещением эталонных значений высот и неточностью измерений высотомером БЛА, которые рассматриваются как нормальный белый шум.

В течение интервала наблюдения, длительностью $T_н$, требуется решить, содержится ли в наблюдаемом колебании $z_i(t)$ сигнал вида (1) либо нет, и определить время его окончания θ_0.

Задача сложного обнаружения состоит в проверке двух статистических гипотез:

H_i – сложная гипотеза: в наблюдаемом колебании присутствует один из $h_i(t), \quad i=\overline{0,I}$ сигналов вида (1) с неизвестным параметром $\theta_0\in[t_0;t_0+T_н]$;

H_Z – простая гипотеза: сигнала нет (zero-гипотеза).

В такой постановке задачи при синтезе оптимального обнаружителя применяется критерий отношения правдоподобия (ОП) [7]. Оптимальным правилом решения о наличии сигнала и времени его окончания будет следующее:

1. В течение интервала наблюдения $T_н$, состоящего из K тактовых интервалов ($K>J$) формируется по K ОП для проверки каждой из $I+2$ гипотез H_i и из них выбирается наибольшее, которое и сравнивается с порогом обнаружения h:

$$\Lambda(z)=\max_k\{\Lambda_k(z)\ge h\}, \quad \theta_0=kT_0, \quad k=\arg\max_k\{\Lambda_k(z)\}. \qquad (4)$$

В этом случае необходимо иметь устройство памяти большого объёма, и решение о значении θ_0 выносится после окончания $T_н$.

Другое правило, приближённое к оптимальному, таково [7]:

2. На каждом k-ом такте формируется $I+2$ ОП $\Lambda_k(z_i)$ и сравнивается с порогом h. Решение о наличии сигнала принимается по первому максимуму ОП, превысившему порог. Время окончания тактового интервала, в котором произойдёт превышение величиной ОП порога, равно

$$\theta_0=k^*T_0, \quad где\ k^*=\min\{K:\Lambda_k(z_i)\ge h\}. \qquad (5)$$

В рассматриваемой задаче построения устройства обнаружения с целью обеспечения проведения коррекции траектории БЛА будет использоваться второе правило. Это обусловлено тем, что для работы системы коррекции желательно выносить решение о величине θ_0 без задержки во времени. Порог обнаружения h и качество решающего правила будут определяться исходя из критерия Неймана-Пирсона.

По результатам наблюдений требуется решить, вблизи какой из $i=\overline{0,I}$ последовательностей отсчётов проходит реальная линия пути БЛА, найти линейное отклонение Δl реальной линии пути от проектной и определить угол поворота линии пути ЛА для возможно более точного прибытия к месту назначения.

Для ортогональных и статистически независимых эталонов, а также для независимых шумовых выборок (погрешностей измерения высоты) $n_j \quad j=\overline{0,J}$ плотность распределения вероятностей равна [6]

$$w\left(\vec{Z}\middle|H_i\right)=\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)^{-(J+1)}\exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2T_0}\int_{t_0}^{t_0+T_н}\left(z(t)-h_i(t)\right)^2dt\right\},\ i=\overline{0,I} \qquad (6)$$

.

Отклонение Δl реальной линии пути от проектной равно [6]

$$\Delta l=\sum_{i=0}^{I}P\left(H_i\middle|\vec{Z}\right)\cdot l_i,\quad l_i=i\cdot\Delta x'-a/2\,, \qquad (7)$$

где $P\left(H_i\middle|\vec{Z}\right)=w\left(\vec{Z}\middle|H_i\right)\Big/\sum_{r=0}^{I}w\left(\vec{Z}\middle|H_r\right)$ – апостериорные вероятности гипотез [6].

По решающему правилу, на каждом k -ом такте формируется ОП

$$\Lambda_k(z_i)=w\left(\vec{Z}\middle|H_i\right)\Big/w\left(\vec{Z}\middle|H_Z\right)=\exp\left\{\Pi_{ik}(\tau_0)\right\}, \qquad (8)$$

где $\Pi_{ik}(\tau_0)=Z_k\Big/\left(\sigma^2T_0\right)$ – логарифм функционала отношения правдоподобия (ЛФОП)), зависящий от мешающего параметра τ_0 .

Корреляционный интеграл Z_k [7, 8] процессов $z(t)$ и $h_i(t)$, через который определяется ЛФОП,для последовательности высот, измеренных на $J+1$ последних тактах,при переносе коммутирующей функции $rect[\bullet]$ в пределы интегрирования и изменении очерёдности операций интегрирования и суммирования равен

$$Z_k = \sum_{i=1}^{I} h_{ij} \cdot \int_{LT_0+(i-1)T_0+\tau_0}^{kT_0+iT_0+\tau_0} z(t) \cdot dt \,. \qquad (9)$$

Пусть длительность тактового интервала T_0 известна точно, а задержка τ_0 имеет равномерное распределение вида

$$p(\tau_0) = 1/T_0, \quad \tau_0 \in [-T_0/2, T_0/2]. \qquad (10)$$

Усреднение ОП (8) по распределению (10) выполнить затруднительно, поэтому аппроксимируем распределение (10) суммой M дискретных вероятностей, равных $1/M$, соответствующих фиксированным значениям задержки, равномерно размещённым на интервале от $-T_0/2$ до $+T_0/2$ [7]

$$\tilde{p}(\tau_0) = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} \delta(\tau_m - \tau_0), \qquad (11)$$

где $\delta(\bullet)$ – функция Дирака, $\tau_m = T_0 \cdot (2m - M - 1)/(2M)$.

Применяя известные методы [7, 8], получим

$$\tilde{\Lambda}_k \cong \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} \exp\{\Pi_{ik}(\tau_m)\}. \qquad (12)$$

На рис. 2 изображена структурная схема квазиоптимального обнаружителя, составленная на основании выражения (12).

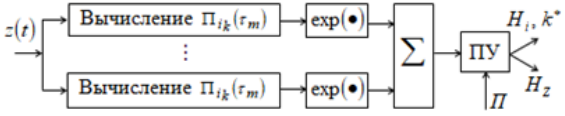


Рис. 2. Структурная схема квазиоптимального обнаружителя

Она содержит M каналов вычисления величины $\Pi_{ik}(\tau_m)$, блоки нелинейного преобразования $\exp(\bullet)$ и схему сложения $\sum$. Результат сложения по окончании каждого такта подаётся на пороговое устройство ПУ, в котором сравнивается с порогом $П$, определяемом в соответствии с критерием Неймана-Пирсона.

Структурная схема устройства определения корреляционного интеграла Z_k, составленная в соответствии с выражением (9), приведена на рис. 3.

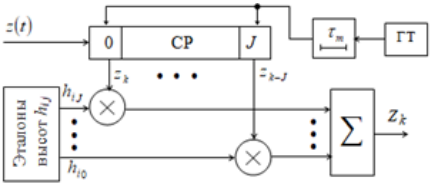


Рис. 3. Устройство определения корреляционного интеграла

Она содержит генератор тактовой (ГТ) частоты, элемент технологической задержки на время τ_m, умножители, на первые входы которых подаются результаты измерения высот на $J+1$ последних тактах, записанные в сдвиговый регистр (СР), а на вторые – эталонные значения высот. Выходы умножителей подключаются к сумматору $\sum$.

3. Анализ качества обнаружения области коррекции

Среднее значение величины ОП, определяемого выражением (12), при значениях задержки $\tau_0 = \pm T_0/2$, оказывается наименьшим, поэтому эти значения задержки будут самыми неблагоприятными при обнаружении, и поэтому характеристики обнаружения будут рассчитаны для этого худшего случая. Допустим, что в точке приёма соблюдается высокое отношение сигнал/шум $q >> 1$. Тогда преобладающим в (12) при $\tau_0 = \pm T_0/2$ будет слагаемое, получаемое либо в 1-ом, либо в M-ом канале. Характеристики обнаружения при этом допущении будут определяться распределением вероятностей либо Z_1, либо Z_M в зависимости от задержки. Применяя известный метод [7, 8], получаем для 1-го либо M-го канала

$$p(Z_1 \mid H_1) = (Z_1/\sigma_Z)\cdot \exp\left\{-\left(Z_1^2 + E^2\cdot R^2(\tau)\right)\Big/\left(2\sigma_Z^2\right)\right\}, \qquad (13)$$

где σ_Z^2 – дисперсия величины Z_1, $R(\tau_m - \tau_0 + k_1 T_0)$ – автокорреляционная функция M-последовательности, $k_1 T_0$ – временной сдвиг между моментами времени t_k и θ_0.

Автокорреляционная функция (АКФ) последовательности случайных высот при $k_1 = 0$, $\tau_0 = T_0/2$, $\tau_m = \tau_1$ и при $J >> 1$ равна [8]

$$R(\tau_1 - \tau_0) = R \cong 1 - 1/2M\ . \qquad (14)$$

Вероятность правильного обнаружения D при заданной вероятности ложной тревоги F определяется как [7]

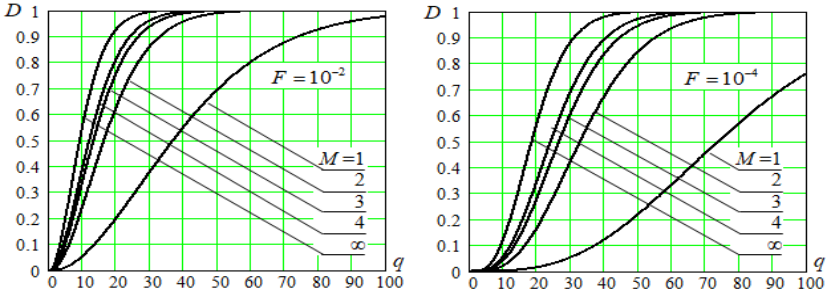
$$D = \left(\sqrt{2\pi}\right)^{-1} \int_{y_0}^{\infty} \exp\left\{-y^2/2\right\} dy \qquad (15)$$

,

где $y_0 = u_0 - R\sqrt{q} - \eta$, $u_0 = \sqrt{-2\ln F}$, $\eta = \dfrac{1}{2R\sqrt{q}} - \dfrac{u_0 + R\sqrt{q}}{\left(2R\sqrt{q}\right)^2}$,

$q = q_i = E_i \big/ \left(\sigma^2 T_0\right)$ – отношение сигнал/шум, $E_i = T_0 \sum_{j=0}^{J} \left(h_{ij}\right)^2, i = \overline{0,I}$ – энергия сигнала.

По формуле (15) для двух значений вероятности ложной тревоги $F = 10^{-4}$, $F = 10^{-2}$ и при различном числе каналов обнаружителя рассчитаны характеристики обнаружения последовательностей эталонных высот области коррекции траектории БЛА, которые приведены на рис. 4а,б.



а) б)

Рис. 4. Характеристики обнаружения

Характеристики рассчитаны для наихудшего случая, когда $|\tau_0| = T_0/2$. Область расположения характеристик при $|\tau_0| \le T_0/2$ ограничена асимптотической кривой, соответствующей либо бесконечному числу каналов, либо любому числу каналов, но при $|\tau_0| = 0$, и кривой, соответствующей выбранному числу каналов при $|\tau_0| = T_0/2$. Из рисунков видно, что обнаружитель может быть одноканальным при очень высоких отношениях сигнал/шум $q > 100...120$. Увеличение числа каналов более двух даёт небольшой выигрыш по мощности.

Благодаря учёту свёртывания случайных последовательностей величина параметра q по существу определяет минимальный объём выборки наблюдаемых высот для обеспечения требуемой вероятности обнаружения. Так из рисунка 4, а следует, что двухканальный обнаружитель обеспечивает вероятность обнаружения 0,9 при параметре $q \approx 35$. Следовательно, число отсчётов высот вдоль области коррекции должно быть не менее $J \geq q \approx 35$.

4. Заключение

Таким образом, в настоящей работе синтезирована структурная схема многоканального устройства обнаружения эталонных последовательностей высот области коррекции траектории БЛА, работающая по принципу «скользящего окна». Получены аналитические соотношения для анализа качества обнаружения, которые учитывают автокорреляционные свойства последовательностей, и рассчитаны характеристики обнаружения, с помощью которых определяется достаточное число каналов обнаружителя для обеспечения требуемого качества обнаружения при заданных условиях наблюдения.

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. Баклицкий, В. К. Корреляционно-экстремальные методы навигации и наведения : / В. К. Баклицкий. – Тверь : ТО «Книжный клуб», 2009. – 360 с.
4. Гурвиц, Дж. Просто о больших данных : / Гурвиц Джудит, Ньюджент Алан, Халпер Ферн, Кауфман Марсия : [перевод с английского]. – Москва : Эксмо, 2015. – 400 с.
5. Каппелини, В. Цифровые фильтры и их применение : / В. Каппелини, А. Дж. Константинидис, П. Эмилиани. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
6. Лютин, В. И. Обработка больших данных в задачах оценки точности наведения беспилотных летательных аппаратов по рельефу земной поверхности / В. И. Лютин, Н. А. Босиков // Материалы XX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж,13-14 февраля 2020 г.) – Воронеж, 2020. – Том 6, С.136-143.
7. Вайнштейн, Л. А. Выделение сигналов на фоне случайных помех : / Л. А. Вайнштейн, В. Д. Зубаков. – М. : Сов. радио, 1960. – 449с.
8. Тузов, Г. И. Статистическая теория приёма сложных сигналов / Г. И. Тузов. – М. : Сов. радио, 1977. – 400 с.

Модель и методика маскирования адресации корреспондентов в сети передачи данных ведомственного назначения

В. В. Кучуров, email: kuchurovv@yandex.ru
Р. С. Шерстобитов, email: scherstobitov.rs@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *Для выполнения требований по защите информации предписанных регуляторами, возникает необходимость по противодействию угрозам безопасности информации, нацеленным на вскрытие структурно-функциональных характеристик информационной системы (ИС). Такая стратегия защиты может быть реализована посредством маскирования адресации корреспондентов и осуществления маскирующего обмена между топологически локализованными элементами (сегментами) СПД ВН.*

Ключевые слова: *moving target defense, компьютерная разведка, информационные направления, маскирование сетевых адресов, марковские процессы, маскирующий обмен.*

Введение

Как правило, каждая локализованная (топологически) ИС функционирует в интересах конкретного органа управления, являющегося элементом иерархичной системы управления [1].

В ведомственных ИС кибербезопасность и защита киберпространства реализуется как набор мер и рекомендаций ФСТЭК. В значимых ИС объектами, подлежащими защите от угроз безопасности информации, являются архитектура и конфигурация ИС (равно как и архитектура и конфигурация информационно-телекоммуникационной сети, АСУ).

По результатам анализа защищенности должно быть подтверждено, что в ИС отсутствуют уязвимости, способствующие возможности реконструкции (вскрытия) нарушителем архитектура и конфигурация ИС [3].

© Кучуров В.В., Шерстобитов Р.С., 2021

Формализованная постановка задачи на моделирование оценки эффективности маскирующего обмена

Стратегия защиты при реализации маскирующего обмена должна заключаться в оптимальном распределении ресурса СПД ВН для обеспечения своевременности информационного обмена (доставки сообщений) с учетом приоритетов корреспондентов (видов трафика). При этом производительность СИО и предельная скорость передачи данных в СПД (пропускная способность каналов связи) выступают в качестве очевидных ограничений [4].

Своевременность информационного обмена K_{IE} (от англ. (information) exchange – обмен) определяют [8] через показатели своевременности обработки K_{Proc} (от англ. processing – обработка) и своевременности доставки K_{Del} (от англ. delivery – доставка) следующими соотношениями:

$$K_{Proc} = P\left(T_{Proc} \le T_{Proc}^{Req}\right) \quad (1)$$

$$K_{Del} = P\left(T_{Del} \le T_{Del}^{Req}\right) \quad (2)$$

$$K_{IE} = K_{Del} \cdot K_{Proc} \quad (3)$$

Время обработки T_{Proc} и время доставки T_{Del} являются контекстно-зависимыми величинами, то есть требуют достаточно точно определять состав канала (каналов) связи СПД ВН, конкретизировать функции СИО и процессов обработки (доставки) относительно уровней ЭМВОС.

Тогда коэффициент эффективности маскирующего обмена в i-ом информационном направлении:

$$K_i^{Ef} = \frac{\overline{T}_{IE}^{AT} - \overline{T}_{IE}^{CT}}{\overline{T}_{IE}^{AT}} \quad (4)$$

где $\overline{T}_{IE}^{AT}$ – среднее время информационного обмена общим трафиком (КПС и МПС); $\overline{T}_{IE}^{CT}$ – среднее время информационного обмена конструктивным трафиком при ограничении МПС узлами-терминаторами.

Моменты возможных переходов СПД из состояния в состояние неопределенны и случайны. Рассмотрим переход от детерминированной постановки задачи к постановке задачи в условиях неопределенности. Тогда финальную вероятность того или иного состояния S_i СПД ВН

можно будет интерпретировать как среднее относительное время пребывания системы в этом состоянии.

Тогда содержательная постановка задачи на моделирование оценки эффективности маскирующего обмена в СПД при маскировании адресации корреспондентов в киберпространстве: разработать модель μ СПД S, устанавливающую закономерность изменения множества P_i выходных параметров модели функционирования СПД и множества Q показателей эффективности функционирования СПД от множества CP значений входных параметров, множества Z значений внутренних параметров, множества SIT значений параметров условий функционирования. На значения параметров множеств CP, P_i, Z, SIT наложены условия их допустимости.

Тогда формальная постановка задачи на моделирование оценки эффективности маскирующего обмена в СПД при маскировании адресации корреспондентов в киберпространстве:

$$\begin{aligned} &\mu : \langle S, CP, Z, SIT \rangle \to P_i, \\ &Q \Big| \; CP \subseteq \left\{ N_T, I^{AT}, I^{CT}, I^{MT} \right\}, \\ &P_i = \lim_{t \to \infty} P_i(t), SIT \subseteq \left\{ I^{OT}, I^{FT} \right\} \end{aligned} \tag{5}$$

а формальная постановка задачи на оптимизацию показателей эффективности маскируемой СПД (по критерию максимизации своевременности информационного обмена):

$$< S,\ CP, Z,\ SIT\ > \to \max P^{K_{ИБ}}(t) \mid P^{K_{ИБ}} \in \{P_i\},\ i = 1,\ 2, \ldots,\ h \tag{6}$$

Модель оценки эффективности маскирующего обмена в сети передачи данных ведомственного назначения

Пусть имеется СПД ВН S, в которой реализуют маскирование адресации корреспондентов и осуществление маскирующего обмена между топологически локализованными элементами (сегментами) распределенной ИС. [5]

От передающих абонентов в СПД ВН и далее в ССОП поступает поток событий (заявок, требований) с интенсивностью λ, потенциально переводящих модель μ СПД S в состояния, когда обеспечивается или не обеспечивается своевременность информационного обмена.

Примем следующие необходимые для исследования дискретные состояния S_1, S_2, K моделируемого процесса, где: S_1 – формирование

КПС, S_2 – формирование МПС, S_3 – изменение текущих IP-адресов элемента СПД (расширение его адресного пространства), S_4 – передача КПС и МПС от отправителя к получателю, S_5 – терминация МПС на транзитном СИО СПД в ССОП, S_6 – своевременный прием КПС, S_7 – несвоевременный прием КПС.

Моменты возможных переходов моделируемой СПД при реализации маскирующего обмена из состояния в состояние неопределенны, случайны и происходят под действием событий, характеризующиеся их интенсивностями λ (см. табл. 2).

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 (КПС и МПС 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}

Окончание таблицы 1

Интенсивность	Обозначение
Квитирование, заявки на увеличение скорости передачи данных КПС вследствие своевременного приема КПС	λ_{61}
Заявки на уменьшение скорости передачи данных МПС вследствие отказа терминации, возникновения очередей из КПС и МПС у получателя	λ_{72}

Оценка эффективности процессов функционирования СПД ВН и маскирования адресации корреспондентов связана с необходимостью моделирования процесса в реальном времени, что обусловливает целесообразность использования математического аппарата марковских процессов. Таким образом, процессы маскирования адресации корреспондентов при реализации маскирующего обмена можно представить, как марковский случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем.

На рис. 1 представлен граф состояний моделируемой системы. Рассмотрим сценарий перехода моделируемой системы из состояния S_i в состояние S_j под воздействием потоков событий с интенсивностями λ_{ij}.

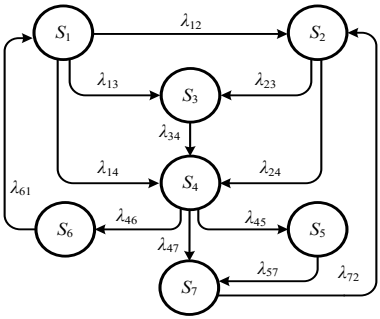


Рис. 1. Граф состояний процесса функционирования моделируемой системы

Пусть формирование МПС происходит постоянно, чтобы скрывать факт передачи КПС, тогда S_2 – начальное состояние моделируемой системы. Это состояние обеспечивает результативность маскирования, интенсивность которого определяется для каждого информационного направления по модели, изложенной в [2], и является искомым с

позиций обеспечения результативности [7] маскирования (то есть интенсивность λ_{23} (λ_{24}) такова, что требования по интенсивности маскирующего обмена выполняются).

Моделируемая СПД может находиться в состояниях S_i с разной вероятностью $p_i(t)$. По размеченному графу состояний рис.1 составлены уравнения Колмогорова – дифференциальные уравнения с неизвестными функциями $p_i(t)$:

$$\begin{aligned}
&\frac{dp_1(t)}{dt} = \lambda_{61}p_6(t) - \lambda_{12}p_1(t) - \lambda_{13}p_1(t) - \lambda_{14}p_1(t),\\
&\frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_{12}p_1(t) + \lambda_{72}p_7(t) - \lambda_{23}p_2(t) - \lambda_{24}p_2(t),\\
&\frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda_{13}p_1(t) + \lambda_{23}p_2(t) - \lambda_{34}p_3(t),\\
&\frac{dp_4(t)}{dt} = \lambda_{14}p_1(t) + \lambda_{24}p_2(t) + \lambda_{34}p_3(t) - \left(\lambda_{45} + \lambda_{46} + \lambda_{47}\right)p_4\\
&\frac{dp_5(t)}{dt} = \lambda_{45}p_4(t) - \lambda_{57}p_5(t),\\
&\frac{dp_6(t)}{dt} = \lambda_{46}p_4(t) - \lambda_{61}p_6(t),\\
&\frac{dp_7(t)}{dt} = \lambda_{47}p_4(t) + \lambda_{57}p_5(t) - \lambda_{72}p_7(t),\\
&\sum_{i=1}^{7} p_i(t) = 1.
\end{aligned} \tag{7}$$

Вектор вероятностей начальных состояний марковской цепи с учетом отсутствия воздействий на СПД в начальный момент времени имеет вид:

$$p(0) = \left| 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0 \right| \tag{8}$$

что соответствует формированию МПС.

Задавая численные значения интенсивностей λ в соответствии с условиями функционирования ИС и СПД ВН в ССОП (ситуациями *SIT*) и переходя к непрерывному времени, решается система линейных дифференциальных уравнений (7) с постоянными коэффициентами. [6] Для решения уравнений численным методом очевидным является

классический метод четвертого порядка – метод Рунге-Кутты с фиксированным шагом интегрирования. Применение модели заключается в вариации интенсивностей в пределах устойчивости уравнений, при этом контрастны следующие четыре ситуации λ_{47} (см. табл. 3).

Таблица 2

Вариация параметров модели в зависимости от условий функционирования СПД

Признаки	**Ситуации**			
	SIT_1	SIT_2	SIT_3	SIT_4
Наличие КПС	const	–	const	const
Наличие МПС	–	max	max	max
Наличие КПС от других источников	max	const	const	const
Терминация МПС	–	min	min	max

Ситуация SIT_1. Формирование, передача и прием только КПС. Если МПС не формируются. Тогда поток КПС к приемнику постоянный. $\lambda_{45} = \lambda_{57}$ интерпретируется как КПС других источников. Ситуация позволяет исследовать СПД без нагрузки источника МПС и найти максимальную скорость передачи. При вариации λ_{45} (λ_{57}) исследуют обеспечение своевременности при росте трафика от других источников.

Графики зависимостей вероятностей состояний исследуемого процесса для ситуации SIT_1 представлены на рис. 2.

На интервале времени [0; 0,09] СПД находится в переходном режиме функционирования, где наблюдается всплеск значений вероятности состояний $p_4(t)$ и $p_6(t)$ что соответствует нахождению СПД в состоянии передачи, приема КПС и квитирования. При $t \to \infty$ в СПД устанавливается стационарный режим, когда СПД случайным образом меняет свои состояния и ее вероятности $p_1(t), p_2(t), ..., p_7(t),$ уже не зависят от времени и равны финальным (предельным) вероятностям.

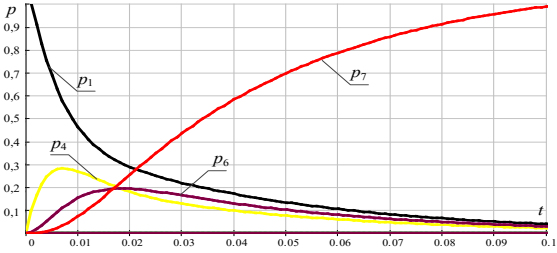


Рис. 2. Результаты расчета зависимости вероятностей состояний от времени для значений интенсивностей событий, соответствующие ситуации SIT_1

Аналогично производят расчеты и для остальных ситуаций. Графики зависимостей вероятностей состояний исследуемого процесса для ситуаций SIT_2 – SIT_4 представлены на рисунках 3 – 5.

Ситуация SIT_2. Формирование, передача и прием только МПС (без их терминации), конструктивные не передаются. $\lambda_{23} = \min$ (λ_{23} и λ_{24} – антагонисты, т.к. или варьируем текущие адреса элемента СПД, или нет). λ_{57} и λ_{47} интерпретируется как КПС заданной (плановой) интенсивности от других источников. $\lambda_{45} = \max$ (искомое). Ситуация позволяет исследовать СПД без нагрузки источника КПС и найти максимальную скорость передачи (см. интенсивность λ_{45}) МПС при наличии заданного трафика от других источников. При увеличении λ_{45} находим предел обеспечения своевременности при увеличении скорости передачи МПС.

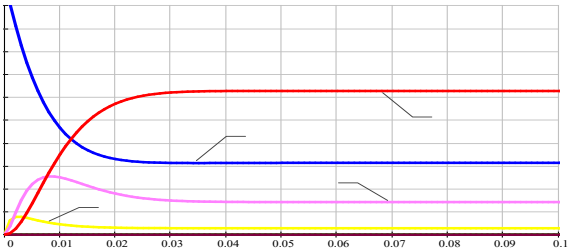


Рис. 3. Результаты расчета зависимости вероятностей состояний от времени для значений интенсивностей событий, соответствующие ситуации SIT_2

Ситуация SIT_3. Формирование, передача и прием маскирующих и КПС заданной (плановой) интенсивности. Ситуация позволяет исследовать предел обеспечения своевременности при увеличении скорости передачи МПС.

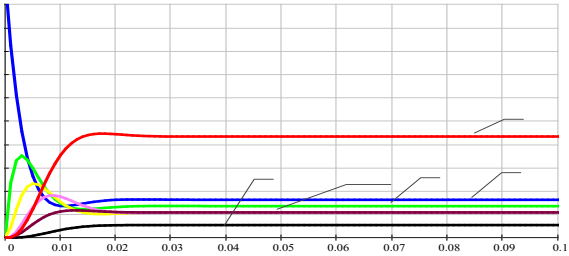


Рис. 4. Результаты расчета зависимости вероятностей состояний от времени для значений интенсивностей событий, соответствующие ситуации SIT_3

Ситуация SIT_4. Формирование, передача и прием МПС и КПС заданной (плановой) интенсивности. Ситуация позволяет исследовать предел обеспечения своевременности при увеличении скорости передачи МПС с их терминацией, предел сбоев терминации для обеспечения своевременности.

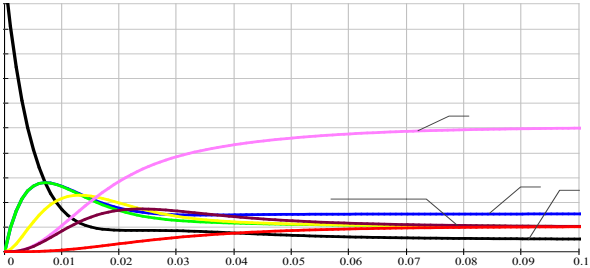


Рис. 5. Результаты расчета зависимости вероятностей состояний от времени для значений интенсивностей событий, соответствующие ситуации SIT_4

Конструктивное использование модели очевидным образом приводит к методике маскирования адресации корреспондентов в СПД ВН, в частности, при реализации ложных информационных систем [8].

Процесс защиты принимающего абонента (СИО) от перегрузки в соответствии с методикой сводится к максимизации $p_6(t)$ вероятности (и среднего времени) значения показателя своевременности информационного обмена $P^{K_{IE}}(t) \to \max$, что предполагает адаптивное управление ложным трафиком при условии выполнения требований к результативности маскирующего обмена [9].

Заключение

Представленная математическая модель оценки эффективности маскирующего обмена в СПД ВН учитывает влияние и характер воздействия на СПД информационных потоков от передающего к принимающему абоненту, фоновую нагрузку ИС, отказы системы маскирования, которые способны снизить доступность принимающего абонента и ухудшить значение показателя своевременности информационного обмена в ИС.

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. Соколовский, С.П. Модель защиты информационной системы от сетевой разведки динамическим управлением ее структурно-функциональными характеристиками // Вопросы оборонной техники. Серия 16 противодействие терроризму. – Москва: 2020. № 7-8. – С. 62-73.

3. Максимов, Р. В. Алгоритм и технические решения динамического конфигурирования клиент-серверных вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Труды СПИИРАН. – 2020. – Т. 19. – № 5. – С. 1018-1049.

4. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, Д.Н. Орехов, С.П. Соколовский // Системы управления, связи и безопасности. – СПб.: 2019. – № 4. – С. 50–99.

5. Ворончихин, И. С. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И. С. Ворончихин [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92–101.

6. Искольный, Б. Б. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Б. Б. Искольный, Р.В.Максимов, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82.

7. 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 : сб. тр. XXIV Международной научно-технической конференции. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 169-179.

8. Способ маскирования структуры сети связи. Пат. 26822105 Рос. Федерация, МПК G06F / Зайцев Д.В., Зуев О.Е., Крупенин А.В., Максимов Р.В., Починок В.В., Шарифуллин С.Р., Шерстобитов Р.С.; заявитель и патентообладатель Краснодарское высшее военное училище (RU). – № 2018112925; заявл. 09.04.2018; опубл. 14.03.2019, Бюл. № 8.

9. 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.

Алгоритм проактивной защиты FTP-сервера от компьютерных атак

Т. В. Лебёдкина, email: alina010570@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье рассматривается алгоритм защиты FTP-сервера на основе управления сетевыми соединениями с нарушителями информационной безопасности. Описывается последовательность действий, поясняющая сущность разработанного алгоритма. Делается вывод о том, что разработанный алгоритм устраняет некоторые из недостатков аналогов и обеспечивает более высокую защищенность FTP-сервера от несанкционированных воздействий за счет имитации канала связи с плохим качеством.*

Ключевые слова: *проактивная защита, вычислительная сеть, компьютерная атака, сетевые соединения, протокол, сетевая разведка.*

Введение

В настоящее время в области компьютерной безопасности особую актуальность набирает разработка принципиально новой технологии, направленной не на обнаружение и реагирование, а на предотвращение компьютерных атак (КА). Одним из направлений этой технологии является применение методов проактивной защиты вычислительных сетей [2-5], реализуемых на этапе проведения злоумышленником сетевой разведки. Его сущность заключается в активном противодействии вредоносным воздействиям, за счет, предотвращения дальнейшей передачи данных злоумышленником по установленному сетевому соединению на время, которое может быть использовано службами информационной безопасности для реализации необходимых мер защиты [9-15].

Алгоритм относится к области информационной безопасности вычислительных сетей и может быть использован в системах обнаружения атак с целью оперативного выявления и противодействия несанкционированным воздействиям на FTP-серверы, в сетях передачи данных типа «Internet».

© Лебёдкина Т. В., 2021

Описание алгоритма проактивной защиты FTP-сервера

Протокол FTP предназначен для передачи файлов по TCP/IP сетям, построен по архитектуре «клиент-сервер» и использует два TCP соединения для передачи команд и откликов между клиентом и сервером (управляющее соединение), а также для передачи файлов между клиентом и сервером (соединение данных).

В соответствии со спецификацией [6], команды FTP передаются от клиента к серверу по управляющему соединению и состоят из 3 или 4 байт. FTP-сервер отвечает откликом на каждую из полученных команд, который содержит трехзначный номер (передается как три числовых символа), за которым может следовать строка текста и представляет собой подтверждение (или отказ, содержащий сообщение с кодом временной или постоянной ошибки), передаваемое в форме строк от сервера к клиенту через управляющее соединение. Диалог между FTP-клиентом и FTP-сервером осуществляется поэтапно (команда – отклик – команда …).

Текст отклика FTP-сервера на команду FTP-клиента может содержать несколько строк, количество которых не ограничено, но это требует использования для многострочных откликов специального формата, регламентирующего, чтобы каждая строка (кроме последней) начиналась кодом отклика, после которого следует дефис (–), а далее текст. В последней строке вместо дефиса используется пробел, после которого может следовать текст.

После завершения передачи файлов клиент может закрыть подключение или инициировать следующую передачу.

Назначением разработанного алгоритма, является конфигурация параметров соединений FTP-сервера и клиентов в условиях КА, обеспечивающая повышение результативности защиты за счет снижения возможностей злоумышленника по подбору имен и паролей FTP-клиентов.

Наиболее близким аналогом по своей сущности к разработанному алгоритму является алгоритм, описанный в [8], где обеспечивается повышение защищенности сети от несанкционированных воздействий за счет проверки идентификаторов, санкционированных FTP-клиентов, которыми являются уникальные имя пользователя и пароль, и сравнения их с идентификаторами санкционированных FTP-клиентов. При их совпадении предоставляют FTP-клиенту доступ к использованию информационных ресурсов FTP-сервера. В ином случае направляют с FTP-сервера FTP-клиенту отклик об ошибке авторизации.

Недостатками известных алгоритмов является относительно низкая результативность защиты, обусловленная блокированием после

заданного количества ошибок попыток авторизации, что может привести к новым попыткам несанкционированного доступа уже с учетом полученной информации о системе защиты FTP-сервера.

Алгоритм проактивной защиты FTP-сервера, основан на снижении возможностей по подбору имен и паролей несанкционированных FTP-клиентов, что достигается имитацией канала связи с плохим качеством, обеспечивающим значительное увеличение времени для проведения атак с подбором пароля, за счет направления FTP-клиенту, не прошедшему успешную авторизацию, фрагментированного ответного отклика с ложным сообщением о временной ошибке, фрагменты которого направляются через малые интервалы времени задержки, после множества промежуточных откликов. Снижение возможностей злоумышленника по компрометации средств защиты достигается за счет отсутствия блокирования соединения с FTP-клиентом, не прошедшим успешную авторизацию, направлением через малые интервалы времени задержки, исключающими возможность использования малых значений времени тайм-аута ожидания ответного отклика от FTP-сервера, промежуточных откликов перед направлением ответного отклика от FTP-сервера.

Реализация предлагаемого алгоритма проактивной защиты поясняется блок-схемой последовательности действий, представленной на рисунке, где на начальном этапе формируют модуль хранения, модуль обнаружения и анализа, модуль проактивной защиты (блок 1). Модуль хранения предназначен для хранения в ячейках памяти разрешенных идентификаторов FTP-клиентов, предназначенных для идентификации несанкционированных клиентов. Модуль обнаружения и анализа предназначен для сравнения считанных идентификаторов FTP-клиентов с санкционированными и выдачи команды на блок проактивной защиты в случае их несовпадения. Модуль проактивной защиты предназначен для формирования управляющего воздействия, имитирующего канал связи с плохим качеством, значительно увеличивающего продолжительность времени FTP-соединения с несанкционированным FTP-клиентом и расход его вычислительного ресурса, без блокирования или разрыва установленного сетевого соединения со злоумышленником.

На следующем этапе (блок 2), устанавливают сетевые соединения FTP-клиентов с FTP-сервером. Алгоритмы проактивной защиты клиент-серверных вычислительных сетей, реализуемые на транспортном уровне на этапе установления сетевого соединения, предшествующие обмену сообщениями на уровне приложений в процессе FTP-сессии, которые также могут быть применимы для защиты FTP-серверов,

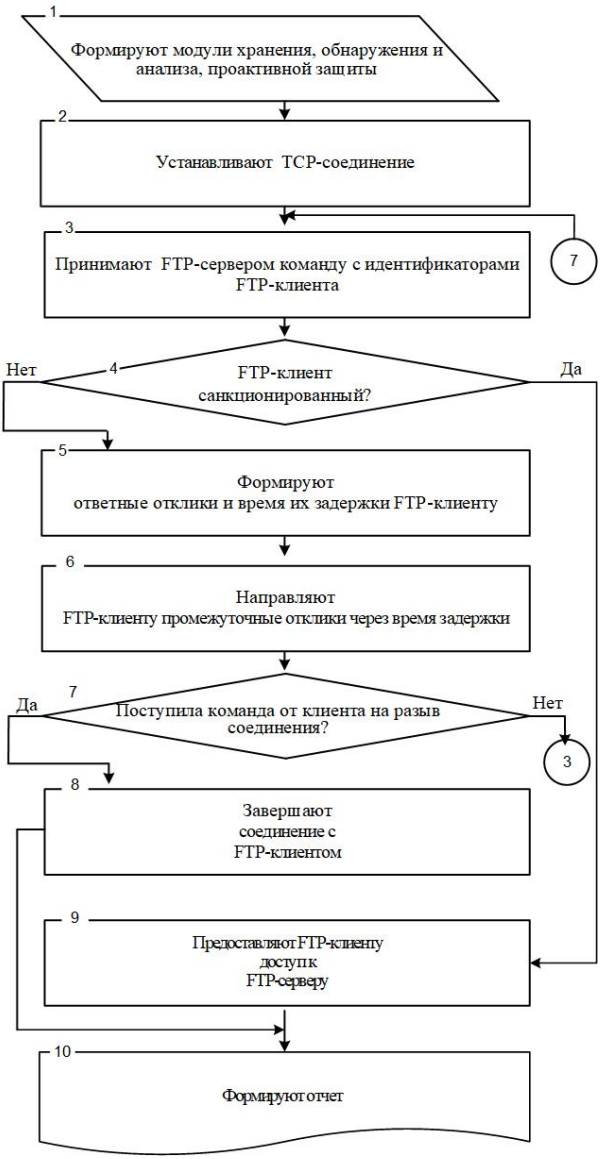


Рисунок. Блок-схема последовательности действий, реализующая алгоритм проактивной защиты FTP-сервера от компьютерных атак

достаточно полно изложены в [1], в связи с чем в настоящей статье не рассматриваются.

После установления соединения FTP-серверу направляют (блок 3) команды с идентификаторами FTP-клиента, далее сравнивают (блок 4) выделенные идентификаторы FTP-клиента с опорными идентификаторами санкционированных FTP-клиентов, если клиент несанкционированный, то формируют (блок 5, 6) ответный отклик FTP-клиенту с ложным сообщением о временной ошибке, с определенным временем задержки. В ином случае FTP-клиенту предоставляется (блок 9) доступ к информационным ресурсам FTP-сервера и формируется отчет. Применение ложных сообщений о временной ошибке в алгоритме является механизмом для увеличения продолжительности времени принудительного диалога со злоумышленником, обеспечивающем дискомфорт для него, а для системы защиты дополнительный временной ресурс, позволяющий ей принять дополнительные меры защиты.

Для повышения результативности защиты за счет снижения вероятности обнаружения злоумышленником факта использования средств защиты, имитируют канал связи с плохим качеством. Для этого, в целях исключения возможности идентификации злоумышленником средств защиты по продолжительным задержкам ответных откликов от FTP-сервера, а также для предотвращения возможности обхода средств защиты за счет установки коротких тайм-аутов ожидания ответных откликов, в предварительно заданные данные дополнительно задают время задержки промежуточных откликов FTP-клиенту. Использование интервалов времени, в течение которого FTP-клиенту будут направлены промежуточные отклики, применяется для увеличения времени диалога с FTP-клиентом, не прошедшим успешную авторизацию на FTP-сервере.

Для исключения возможности обхода средств защиты, за счет установки злоумышленником коротких значений тайм-аутов ожидания ответных откликов от FTP-сервера, значение времени задержки для каждого из промежуточных откликов FTP-клиенту, перед отправкой ответного отклика, выбирают в пределах от 0,1 до 1 секунды.

Для увеличения времени диалогового взаимодействия со злоумышленником количество промежуточных откликов, направляемых FTP-клиенту, перед отправкой ответного отклика, выбирают в пределах от 10000 до 250000.

Для исключения возможности обхода средств защиты, за счет установки злоумышленником коротких значений тайм-аутов ожидания ответных откликов от FTP-сервера, значение времени задержки для

каждого из фрагментов ответного отклика, направляемого FTP-клиенту, выбирают в пределах от 0,1 до 1 секунды.

Для увеличения времени диалогового взаимодействия со злоумышленником величину фрагментов, на которые разбивают ответный отклик FTP-клиенту, выбирают в пределах от 1 до 2 байт.

Для увеличения времени диалогового взаимодействия со злоумышленником, код отклика с ложным сообщением о временной ошибке, выбирают в случайном порядке из кодов группы откликов 4xx (временный сбой), коды откликов известны и описаны [6].

Заключение

В алгоритме проактивной защиты FTP-сервера от КА обеспечивается повышение результативности защиты снижением возможностей злоумышленника по подбору имен и паролей, санкционированных FTP-клиентов. Это достигается имитацией канала связи с плохим качеством, обеспечивающем значительное увеличение времени для проведения атак с подбором пароля, за счет направления FTP-клиенту, не прошедшему успешную авторизацию, фрагментированного ответного отклика с ложным сообщением о временной ошибке, фрагменты которого направляются через малые интервалы времени задержки, после множества промежуточных откликов. Снижение возможностей злоумышленника по компрометации средств защиты вычислительных сетей и их обходу достигается за счет отсутствия блокирования соединения с FTP-клиентом, не прошедшим успешную авторизацию, направлением через малые интервалы времени задержки, исключающими возможность использования злоумышленником малых значений времени тайм-аута ожидания ответного отклика от FTP-сервера, промежуточных откликов перед направлением ответного отклика от FTP-сервера.

Разработанный алгоритм может быть использован в системах обнаружения и предупреждения КА с целью противодействия несанкционированным воздействиям в вычислительных сетях.

Список литературы

1. Максимов, Р. В. Модель и алгоритм функционирования клиент-серверной информационной системы в условиях сетевой разведки / Р. В. Максимов, Д. Н Орехов, С. П. Соколовский // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 4. – С. 50–99.

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. научн. стат. VIII Междунар. науч. метод. конф. (Краснодар, 20–21 декабря 2017 г.). – Краснодар. 2018. – С. 47–52.

3. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features./ R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, L. A. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). – Moscow, Bauman Moscow Technical University, 2017, – P. 88-92.

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. Том 2. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

5. Соколовский, С. П. Способы снижения информативности демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, А. Л. Гаврилов, Д. Н. Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 211-220.

6. RFC 959. File Transfer Protocol (FTP). 1985. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : https://tools.ietf.org/html/rfc959 (дата обращения: 24.12.2020).

7. RFC 2228. FTP Security Extensions. 1997. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : https://tools.ietf.org/html/rfc2228 (дата обращения: 25.12.2020).

8. RFC 2577. FTP Security Considerations. 1999. [Электронный ресурс] . – Режим доступа : https://tools.ietf.org/html/rfc2577 (дата обращения: 24.12.2020).

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. 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.

12. 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.

13. Маскирование структуры распределенных информационных систем в киберпространстве / И.С. Ворончихин [и др.] // Вопросы кибербезопасности. – 2019. – № 6 (34). – С. 92–101.

14. 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» (BIT 2017). (Moscow, 6-7 December 2017) – Moscow, Bauman Moscow Technical University, 2017. – P. 83-87.

15. Максимов, Р. В. Алгоритм и технические решения динамического конфигурирования клиент-серверных вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, И. С. Ворончихин // Труды СПИИРАН. – 2020. – Т. 19. – № 5. – С. 1018-1049.

Использование алгоритма итерационного восстановления изображений дефектов остекления методом компьютерной голографии

М. Н. Неруш, e-mail: 1340116@gmail.com
П. В. Павлов e-mail: pavlov.pave@yandex.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. *В данной работе представлены результаты натурных испытаний итерационного метода восстановления изображений дефектов типа «серебро» остекления самолетов, выполненных из органического стекла с применением компьютерной голографии в ходе которых наглядно продемонстрирована его эффективность.*

Ключевые слова: *обработка изображений, голограмма, контроль остекления, компьютерная голография, дефект.*

Введение

Метод компьютерной голографии (КГ) на сегодняшний момент широко применяется в различных сферах диагностики [1-4] в том числе и в определении технического состояния элементов остекления кабин воздушных судов [5]. Возможности КГ позволяют регистрировать и восстанавливать информацию о трехмерных объектах и объемных сценах. Регистрация сводится к записи интерференционной картины, образованной когерентными между собой опорным и объектным пучками, с помощью матричного фотоприёмника. Восстанавливать изображения объектов можно численно (путем программного расчета распространения излучения) либо оптически (путем вывода голограмм на пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) и освещения их экрана когерентным излучением).

При восстановлении изображении объектов из записанных голограмм метод КГ сталкивается с проблемами, обусловленными наличием нежелательных «0» и «-1» порядков дифракции на восстановленном поле, наличием спекл-шума, шумов регистрирующих фото- и видеокамер и ограниченностью их динамического диапазона.

© Неруш М.Н., Павлов П.В., Хобта Р.Г., 2021

При разработке программного обеспечения голографической системы неразрушающего контроля [6] остекления кабин самолетов в качестве критерия определения плоскости точной фокусировки изображения дефекта использовался параметр – среднеквадратическое отклонения по яркости RMS [7]. Использование данного критерия показало, что автоматизировать процесс определения глубины залегания дефекта невозможно, так как значение RMS по всему контуру восстановленного изображения дефекта на определенном расстоянии от плоскости различно [8]. Причина всему – отсутствие использования в программе алгоритмов повышения качества восстановленных изображений дефектов. Для повышения достоверности определения плоскости точной фокусировки изображения предлагается использовать метод итерационного восстановления [9], способный минимизировать влияние спекл-шума и нежелательных дифракционных порядков, а также поспособствовать формированию объемной визуализации расположения дефектов в структуре органического стекла.

1. Итерационный метод восстановления изображений

Метод итерационного восстановлений изображений основан на многократном расчете распространения излучения от плоскости голограммы до объектной плоскости и обратно (рис. 1).



Рис. 1. Принцип итерационного восстановлений изображений

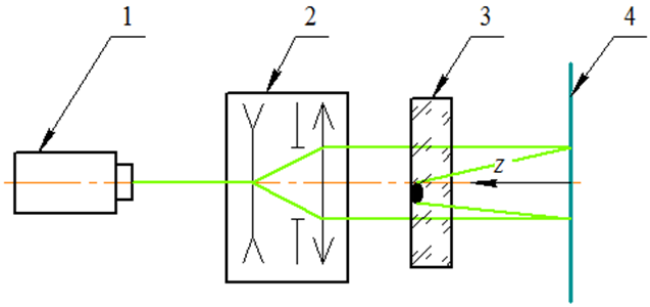
В первой итерации при задании волнового фронта в плоскости голограммы данные о амплитуде излучения берутся из цифровой голограммы, а распределение фазы по фронту принимается равным 0. Затем проводится расчет обратного распространения излучения до объектной плоскости, где полученные данные представляют собой распределение коэффициента поглощения изучаемого объекта. На данном этапе в полученную картину вносятся коррективы в

соответствии с физическими ограничениями – значение коэффициента поглощения не должно превышать 1. Затем по скорректированной картине проводится расчет прямого распространения излучения до плоскости голограммы, результатом которого является новое распределение фазового фронта, которое и подставляется в расчет в начале новой итерации [10].

2. Результаты натурных испытаний

Для проведения эксперимента использовалась установка для записи голограмм по осевой схеме Габора. Схема установки показана на рисунке 2.

Лазерное излучение от источника 1 проходит через коллиматор 2, образуя пучок необходимого диаметра, который в свою очередь проходит через исследуемый образец 3. Частью излучения, проходящего через однородный объем образца без рассеяния на неоднородностях – опорной волны и частью излучения, рассеиваемого на дефектах и неоднородностях – объектной волны, формируется интерференционная картина. На ПЗС-матрице 4 происходит регистрация интерференционной картины (голограммы) и передача ее в память компьютера. В качестве источника когерентного излучения 1 использовался полупроводниковый лазер SLM-417 с регулируемой мощностью до 20 мВт и длиной волны 532нм, для записи голограмм применялась цифровая видеокамера с ПЗС-матрицей Sony IMX179 с разрешением 1600 × 1200 пикселей и размером пикселя 1,4×1,4 мкм.

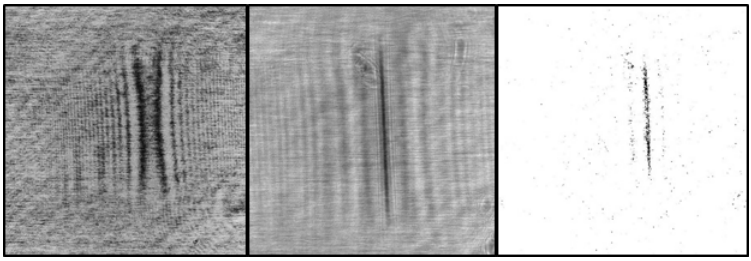


1 – лазер; 2 – коллиматор; 3 – образец остекления; 4 – ПЗС-матрица

Рис. 2. Схема экспериментальной установки

В качестве исследуемого объекта использовался образец авиационного органического стекла марки АО-120А. В результате эксперимента была получена голограмма внутреннего дефекта и

восстановлено его изображение классическим методом (свертки по приближению Френеля) и итерационным методом. Результаты показаны на рисунке 3.

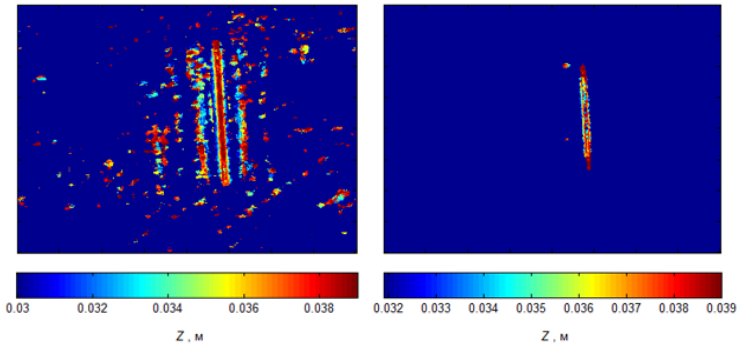


а б в

а – голограмма дефекта; б – восстановленное изображение дефекта методом свертки; в – восстановленное изображение дефекта итерационным методом;

Рис. 3. Результаты эксперимента

Для автоматического определения параметров дефекта (расстояния от матрицы до дефекта и его геометрических размеров) был восстановлен ряд изображений на различных дистанциях от матрицы с последующим расчетом распределения параметра RMS, представленного на рисунке 4.



а б

а – значение RMS дефекта при использовании метода свертки;

б – значение RMS дефекта при использовании итерационного метода

Рис. 4. Результаты расчета параметра RMS

В ходе исследования по максимальному значению RMS определялись наиболее контрастные части изображения (границы дефекта) и их положение. Сравнение результатов для метода свертки и итерационного метода показаны на рисунке 4.

Заключение

Из результатов натурных испытаний итерационного метода установлено, что при восстановлении изображений дефектов остекления из записанных голограмм, предлагаемый метод позволяет избавиться от различного рода шумов при регистрации голограмм, тем самым повысить качество восстановленных изображений дефектов и как следствие увеличить точность определения геометрических размеров дефектов и автоматизировать процесс дефектоскопического контроля.

Список литературы

1. Schnars, U. Digital Holography and Wavefront Sensing: Principles, Techniques and Applications [Text] / U. Schnars, C. Falldorf, J. Watson; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015. – 237 p.

2. Picart, P. New techniques in digital holography [Text] / P. Picart; Wiley, 2015. – 301 p.

3. Dyomin, V. Holography of particles for diagnostics tasks [Text] / V. Dyomin, A. Gribenyukov, A. Davydova // Appl. Opt., 2019. – Vol. 58 (34). – G300-G310.

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. Метод компьютерной голографии как инструмент неразрушающего контроля элементов остекления кабин самолетов / П.В. Павлов [и др.] // Воздушно-космические силы. Теория и практика. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА». – 2020. – №16. – С. 212-220.

6. Павлов П.В., Кусков И.Э., Вольф И.Э., Хобта Р.Г., Евсин А.О., Юдин Н.Н. Программный модуль голографической системы неразрушающего контроля // Свидетельство РФ №2020619980 от 26.08.20 г.

7. Бульба, А.В. Введение в цифровую голографию / А.В. Бульба ; Петрозаводск: Изд-во ПГУ, 2009. – 50 с.

8. Павлов, П.В. Способ определения параметров дефектов элементов остекления кабин воздушных судов методом компьютерной голографии / П.В. Павлов, М.Н. Неруш, Р.Г. Хобта // сб. науч. ст. VIII Межд. научно-практической конф. «Академические Жуковские чтения» (25-26 ноября 2020 г.). – Воронеж, 2020. – С. 170 – 173.

9. Latychevskaia, T. Solution to the Twin Image Problem in Holography / T. Latychevskaia // Physical Review Letters. [electronic resource]. – access mode: https://www.researchgate.net/publication/6161278_Solution_to_the_Twin_Image_Problem_in_Holography

10. Latychevskaia T. Iterative phase retrieval for digital holography / T. Latychevskaia // Journal of the Optical Society of America. [electronic resource]. – access mode: https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1911/1911.07214.pdf

Практические аспекты двумерной дискретной фильтрации изображений

М. А. Пантюхин, email: ol-max@mail.ru
Я. В. Шарыгин, email: jasha3131@gmail.com
Д. А. Куракин

ВУНЦ ВВС ВВА «г. Воронеж»

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности двумерной дискретной фильтрации в ходе предварительной обработки изображений при решении задач обнаружения и распознавания объектов с использованием изображений прототипов.*

Ключевые слова: *прототипы объектов, двумерная дискретная фильтрация изображений, структуры данных.*

Введение

В работе [1] на основе анализа результатов обработки простейших тестовых изображений сформулированы ключевые положения, касающиеся двумерной дискретной фильтрации изображений. К таким положениям относятся:

– зависимость апертуры двумерного дискретного фильтра (ДДФ) от размеров образа объекта интереса, а также от размеров изображения прототипа;

– необходимость раздельной обработки отсчетов положительной и отрицательной полярности при обнаружении/распознавании объектов соответствующей контрастности;

– необходимость использования прототипа большего размера, чем размеры образа искомого объекта.

Целью настоящей работы является практическое применение сформулированных положений и выявление особенностей их использования, а также потенциальных ограничений в практике обработки изображений реальных сцен.

1. Апертура дискретного двумерного фильтра

Импульсная характеристика (ИХ) ДДФ определяется путем решения системы линейных алгебраических уравнений [2]:

$$\sum_{v=-a}^{b}\sum_{w=-c}^{d} s_{i-v,j-w}h_{v,w} = s_{i,j}^{0},\ v\in[-a,b],\ w\in[-c,d], \qquad (1)$$

© Пантюхин М. А., Шарыгин Я. В., Куракин Д. А., 2021

где $\mathbf{H}=\left(h_{v,w}\right)$ – искомые отсчеты ИХ ДДФ с апертурой $\left(a+b+1\right)\times\left(c+d+1\right)$, $s^0_{i,j}=\left(E_{\text{вх}}\right)^{-1}\sum\limits_{k_0=-m}^{m}\sum\limits_{l_0=-n}^{n}x_{k_0,l_0}x_{k_0+i,l_0+j}$, $k_0,k_0+i\in$ $\in\left[-m,m\right]$, $l_0,l_0+j\in\left[-n,n\right]$, $\mathbf{X}=\left(x_{k_0,l_0}\right)$ – матрица изображения прототипа размера $\left(2m+1\right)$ строк и $\left(2n+1\right)$ столбцов, $s_{p,q}=\left(E_{\text{вх}}\right)^{-1}\times$ $\times\sum\limits_{k=-M}^{M}\sum\limits_{l=-N}^{N}f_{k,l}f_{k+p,l+q}$, $k,k+p\in\left[-M,M\right]$, $l,l+q\in\left[-N,N\right]$, $\mathbf{F}=\left(f_{i,j}\right)$ – матрица входного изображения (ВИ) размера $\left(2M+1\right)$ строк и $\left(2N+1\right)$ столбцов, $E_{\text{вх}}=\sum\limits_{k=-M}^{M}\sum\limits_{l=-N}^{N}f^2_{k,l}$.

Вместе с тем, апертура ДДФ определяется с учетом размеров искомого объекта и его прототипа, при этом существуют наборы предпочтительных апертур [1]. Оценка размеров образа искомого объекта может осуществляться, например, на основе алгоритма [3].

С целью практической иллюстрации сформулированных положений рассмотрим в качестве исходных данных изображение, представленное на рис. 1 [4]. Вместе с тем в качестве прототипа автомобиля будем использовать изображение, содержащее прямоугольник максимальной яркости, длина и ширина которого составляют 20 и 8 пикселей соответственно.



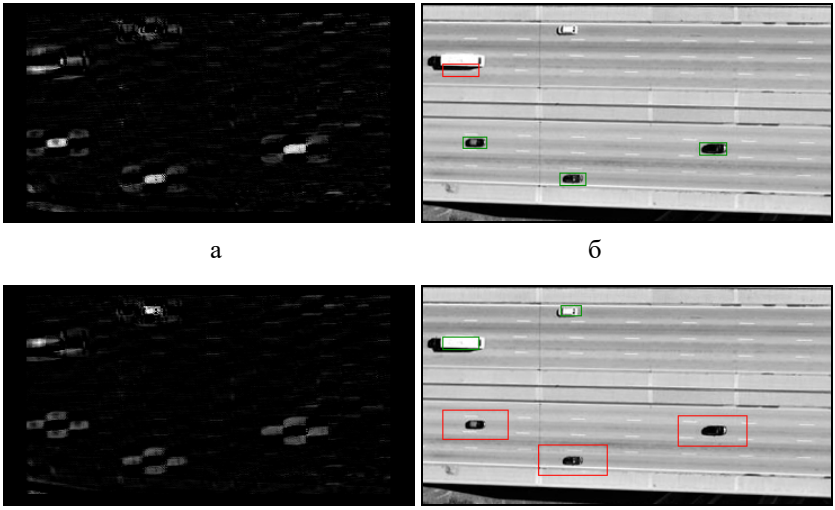
Рис. 1. Фрагмент входного изображения

Тогда для определения отсчетов ДДФ с апертурой $\left(20+1\right)\times\left(8+1\right)$ потребуется расчет различных значений 349 отсчетов автокорреляции ВИ, формирующих 35721 элементов системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), и 85 отсчетов автокорреляции изображения

прототипа, формирующих 189 элементов вектора свободных членов СЛАУ, а для апертуры $(40+1)\times(16+1)$ потребуется расчет 1337, участвующих в формировании 485809 элементов СЛАУ, и 349 отсчетов, формирующих 697 элементов вектора свободных членов СЛАУ, соответственно, что, очевидно, является значительно более вычислительно затратным.

2. Объекты положительного и отрицательного контраста

На рис. 2 представлены результаты обработки ВИ ДДФ меньшей апертуры раздельно для отсчетов положительной и отрицательной полярности. Так на рис. 2,а показано изображение-поле отсчетов отрицательной полярности (ПООП), на рис. 2,б результаты обработки этого поля в виде выделенных областей (зелеными цветом показаны правильно обнаруженные области, красным – ложно), а на рис. 2,в и рис. 2,г подобные результаты для поля отсчетов положительной полярности (ПОПП). Вместе с тем для отображения поля отсчетов отрицательной полярности предварительно получены их абсолютные значения.



а б

в г

а – визуализация ПООП, б – результат локализации объекта по ПООП, в – визуализация ПОПП, г – результат локализации объекта по ПОПП

Рис. 2. Результат обработки ВИ

Так, из рис. 2 следует, что если заранее неизвестен контраст образа объекта, то может возникнуть ситуация перепутывания объекта, сопряженная с ложным обнаружением/распознаванием совместно с пропуском истинного объекта. В тоже время подобные случаи могут быть исключены на этапе верификации результата обработки, так как структура выявленного артефакта закономерна и выражается в наличии фантомных «одинаковых» объектах вокруг истинной области.

3. Использование упрощенных прототипов при двумерной дискретной фильтрации

Структура используемого прототипа такова, что яркость его элементов максимальна на нулевом фоне. В качестве ВИ рассмотрим изображение стоянки самолетов (рис. 3), которые и выступают искомыми объектами интереса [5]. Предварительно произведена процедура аннотирования ВИ, подразумевающая определение координат (относительно поля изображения) прямоугольников, содержащих образы самолетов, а также значений углов поворота линии крыльев относительно горизонтального направления.

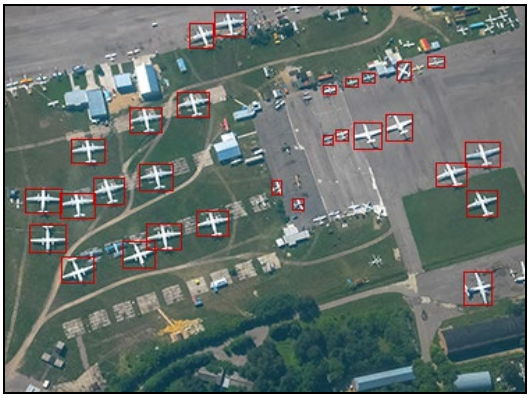


Рис. 3. Входное изображение стоянки самолетов

Аннотированные сведения об изображении представлены табл. 1. При этом осуществлено дополнение нулями слева значений, число символов которых меньше 3 цифр, для улучшения восприятия.

В качестве прототипа образа крыльев самолета рассмотрим прямоугольник, характеризующийся некоторой шириной и углом поворота. Рассмотрим интервал изменения угла поворота от -45° до 45°. Для каждого прототипа произведен синтез ДДФ и осуществлена

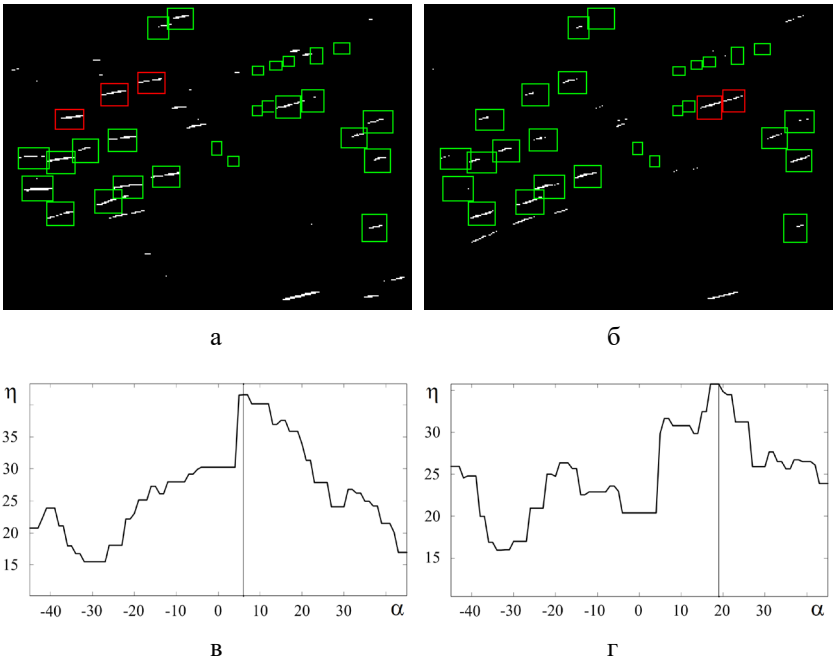
обработка ВИ. При этом эффективность ДДФ измерена по числу найденных точек в областях ВИ, содержащих искомые объекты.

Таблица 1

Аннотация входного изображения

№ п/п	координаты окаймляющего объект прямоугольника	угол повороты объекта α	толщина линии
1	133 013 150 031	20	3
2	151 005 173 022	8	2
3	048 097 072 114	6	2
4	090 074 113 092	6	2
5	124 063 147 081	6	2
6	015 133 041 150	0	3
7	040 136 065 154	8	3
8	064 125 086 144	16	3
9	097 115 121 134	14	3
10	018 159 044 179	0	2
11	041 182 064 202	-160	2
12	085 171 108 191	-160	3
13	102 158 127 144	8	2
14	138 149 161 167	8	2
15	251 085 271 104	19	3
16	274 079 293 098	19	3
17	310 114 332 131	21	3
18	331 099 356 117	12	3
19	332 134 354 153	21	2
20	330 193 350 217	-78	3
21	229 058 238 064	-160	1
22	245 053 254 059	-160	1
23	257 049 266 056	-160	1
24	282 041 292 054	57	2
25	304 037 316 045	-160	1
26	192 127 199 137	-70	1
27	207 140 215 148	-70	1
28	229 094 236 101	22	1
29	238 090 247 098	22	1

На рис. 4 представлены результаты обработки.



а – результат обработки ВИ при использовании прототипа $(\alpha = 6°)$*,*
б – результат обработки ВИ при использовании прототипа $(\alpha = 19°)$*,*
в – зависимость эффективности обработки η *от угла* α *поворота прототипа в области объекта* $(\alpha = 6°)$*, г – зависимость эффективности обработки* $\eta = \eta(\alpha)$ *в области объекта* $(\alpha = 19°)$

Рис. 4. Результаты обработки изображения стоянки самолетов

Так на рис. 4 отображены случаи прослеживания результатов обработки в областях двух объектов: рис. 4,а – фрагмент обработанного ВИ, содержащий объект с углом поворота $\alpha = 6°$ (выделен красным прямоугольником); рис. 4,б – фрагмент обработанного ВИ, содержащий объект с углом поворота $\alpha = 19°$; рис. 4,в,г – значения выбранного показателя эффективности в соответствующих областях объектов в зависимости от угла повороты прототипа. Как видно из рис. 4а наибольший отклик при обработке ВИ ДДФ достигается в случаях соответствия угла поворота прототипа и объекта (максимумы

зависимостей на рис. 4,в,г). Указанные области отмечены красными прямоугольниками, также на рис. 4 видно, что наблюдаются отклики в прочих областях, содержащих объекты с небольшими вариациями углов поворота объектов, при этом по виду зависимостей $\eta = \eta(\alpha)$ интервал приемлемых углов составляет $(-18°,18°)$.

4. Особенности хранения данных

Реализация вычислительных процедур двумерной дискретной фильтрации изображений, как правило, связаны с хранением и обработкой многомерной информации, в частности, двумерных массивов. Однако хранение в оперативной памяти массивов больших размеров является трудоемкой операцией. Вместо этого, целесообразно использовать другие структуры данных, например, контейнеры.

В табл. 2 приведены результаты измерения времени наиболее затратных самостоятельных процедур: определения отсчетов автокорреляции ВИ и формирования системы линейных алгебраических уравнений при использовании указанных структур данных в пакете инженерных вычислений Matlab R2013a на лабораторной ПЭВМ с процессором Intel (R) Core(TM) i3-6100 CPU @ 3.70 ГГц и установленной оперативной памятью объемом 4.0 Гб.

Таблица 2

Время определения выполнения самостоятельных процедур при ДДФ в случаях использования различных структур данных

апертура ДДФ	**время выполнения процедур, с**			
	определение отчетов автокорреляции ВИ		синтез ДДФ	
	массивы	контейнеры	массивы	контейнеры
$(20+1)\times(8+1)$	0.35	0.41	1.42	2.50
$(40+1)\times(16+1)$	1.07	1.01	64.47	32.46

Как видно из табл. 2 для малых апертур предпочтительнее использовать двумерные массивы, в то время с возрастанием сложности задачи (увеличением апертуры ДДФ) преимущества контейнеров становятся заметнее. Вместе с тем, следует отметить, что подход, связанный с синтезом двумерного фильтра, уникального для каждой пары входное изображение-прототип является весьма затратным по количеству временных данных, а также по времени выполнения отдельных процедур, что обусловливает дальнейший поиск эффективных его реализаций.

Заключение

Таким образом, переход от обработки простейших тестовых изображений к реальным сопряжен с рядом затруднений, основными из которых являются возрастание вычислительных затрат при реализации пространственной обработки с использованием больших апертур двумерных дискретных фильтров, а также использовании эффективных процедур хранения промежуточных данных. К более существенным требованиям относится необходимость априорных сведений о контрасте объектов, что может быть компенсировано дополнительными процедурами постобработки и верификации результатов.

Список литературы

1. Пантюхин, М. А. Двумерная дискретная фильтрация тестовых изображений / М. А. Пантюхин, А. В. Богословский, И. В. Жигулина // Радиотехника. – 2020. – № 3(5). – С. 64-72.
2. Обработка многомерных сигналов. В 2-х книгах. Кн.1. Линейная многомерная дискретная обработка сигналов. Методы анализа и синтеза / Под ред. А.В. Богословского. – М.: Радиотехника, 2013. – 168 с.
3. Пантюхин, М. А. Алгоритм определения размеров эталонов для распознавания образов объектов на изображениях при надирной съемке / М. А. Пантюхин, Ф. А. Росляков, Ю. В. Писарев // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения : материалы Международной научно-технической конференции «INTERMATIC-2018», (Москва, 19–23 ноября 2018 г.). – М.: Галлея-Принт, 2018, часть 4. – С. 993-996.
4. Фотография автомобильной развязки. Режим доступа : https://www.motorists.org/wp-content/uploads/2015/09/DN-thumbnail-high-five-interchange.jpg (дата обращения: 11.01.2021).
5. Стоянка самолетов на аэродроме. Режим доступа : https://imgprx.livejournal.net/036e387ea105bda128dbbf7fee2785d472aa2acf/bHJEoq-8iXx9nN0Qiw780qghhbxp7NkxJ2g4VJqYbp_CQOt3EmKRM_jVSUyGo3huX2Bm05BdCqlBhHKsWxdyU0bFY2XA5pu299VwtEOtNNp4k-K4pg5KPz98MnDOssxQc8NmwpshkQ5WtHbtPd0fRXXZU34tSvYwuIoDf4pJabges8PLGeTxDpAKh-ng75cUWIpzRy6TfYzdN5IL_1GFfw (дата обращения: 11.01.2021).

Разработка подхода к снижению размерности пространства признаков угроз в интеллектуальных системах обеспечивания информационной безопасности

М. А. Пеливан, email: witcher89158779996@uandex.ru
С. А. Будников, email: buser@bk.ru

ФАУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации ФСТЭК России»

Аннотация. *Разработан подход к снижению размерности пространства признаков угроз в интеллектуальных системах обеспечивания информационной безопасности, основанный на использовании кластерного анализа и критерия принятия решений Сэвиджа, и позволяющий уменьшить трудоемкость решения задачи оценки защищенности объектов защиты, а также эффективности множества мер защиты. Продемонстрирована работа данного алгоритма на примере сведений об угрозах безопасности информации, содержащихся в банке данных угроз ФСТЭК России.*

Ключевые слова: *безопасность информации, интеллектуальные системы, кластеризация, критерий Сэвиджа, снижение размерности, угрозы.*

Введение

В настоящее время происходит активное развитие и внедрение компьютерных технологий во многих аспектах нашей жизни, в следствии чего приходится уделять всё больше внимания организации качественной защиты информации. Одновременно с этим с каждым годом увеличивается возможный ущерб вследствие реализации компьютерных атак, в связи с чем приходится уделять всё больше внимания организации качественной защиты информации (ЗИ).

В системах ЗИ все больше применяются интеллектуальные системы обеспечивания информационной безопасности такие как системы мониторинга событий безопасности (SIEM), системы управления процессами информационной безопасности (SGRC), системы обнаружения целевых атак на конечных точках сети, системы обнаружения и предотвращения вторжений (IPS/IDS) и другие [1]. В основе функционирования перечисленных средств ЗИ лежит работа с большими объемами данных и при этом рост обрабатываемых данных превышает рост вычислительной мощности аппаратных устройств, что

© Пеливан М. А., Будников С. А., 2021

затрудняет как работу интеллектуальные системы обеспечивания информационной безопасности, так и оценку эффективности применяемых мер защиты в целом.

В связи с вышесказанным появляется необходимость в упрощении обработки больших данных, в частности в снижении размерности рассматриваемых признаков данных путем выделения отдельных групп, каждая из которых обладает своей совокупностью наиболее значимых признаков и имеет меньшую размерность.

Целью статьи является разработка методики снижения размерности пространства возможных условий и последствий реализации угроз безопасности информации (далее – снижение размерности).

В данной статье будет проводиться применение разработанного подхода к снижению размерности пространства признаков угроз в интеллектуальных системах обеспечивания информационной безопасности на основе банка данных угроз безопасности информации (БДУ) ФСТЭК России [2]. Информация, содержащаяся в БДУ, позволяет проводить анализ угроз безопасности информации (УБИ) и условий их возникновения на основе: описания УБИ, источников угроз (потенциала нарушителя), объектов воздействия и последствий реализации угрозы.

Однако сама процедура анализа значительно затрудняется из-за большого количества признаков реализации угроз и их сочетаний. На текущий момент БДУ содержит 217 угроз и 27843 уязвимости, 135 объектов воздействия, 6 типов нарушителей (источников угрозы), а также 7 видов последствий реализации угрозы.

Хочется отметить, что при постоянно растущих объемах данных, относящихся к сфере обеспечения информационной безопасности, особое значение приобретает наука о данных (*Data Science*). Именно она занимается созданием и развитием методов автоматизированной обработки больших объемов данных, в том числе и методы, используемые при проведении снижения размерности данных [3]. Одним из таких методов является кластерный анализ, позволяющий производить автоматизированное (автоматическое) формирование групп из множества объектов, получивший широкое распространение в настоящее время [4-5]. Метод предназначен для формирования однородных групп (кластеров) из множества рассматриваемых объектов и характерных для них признаков. Являясь многомерным статистическим методом, кластерный анализ хорошо работает с большим количеством исходных данных. Рассмотрим его более подробно.

В данной работе выбран один из наиболее распространенных алгоритмов кластеризации – алгоритм (метод) *k*-средних [6]. Этот

алгоритм производит формирование k кластеров с наибольшим возможным расстоянием между ними, т.е. покоординатные средние всех кластеров должны максимально отличаться друг от друга.

1. Обоснование подхода к снижению размерности

Обоснуем подход к снижению размерности. Процесс снижения размерности состоит из 4 этапов (рис. 1):

1. Определение исходных данных (объектов кластеризации);
2. Определение количества формируемых кластеров по субтрактивному алгоритму кластеризации;
3. Проведение нескольких итераций процедур кластеризации методом k-средних и выбор наилучшего результата кластеризации;
4. Анализ полученных кластеров.

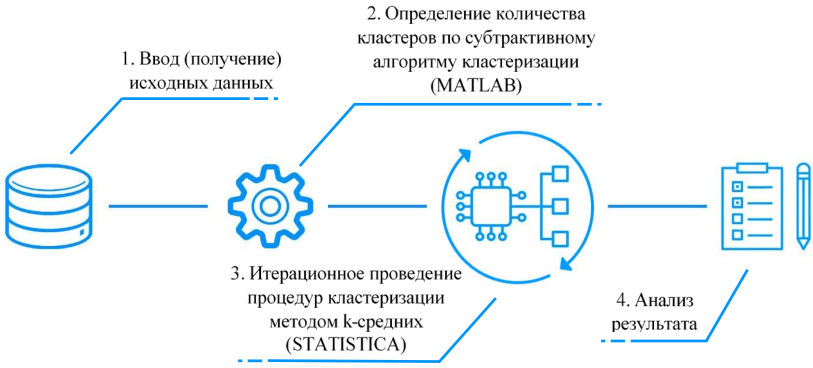


Рис. 1. Общая схема снижения размерности

На первом этапе снижения размерности определяются объекты кластеризации. Для выбранных объектов выбирается критерий (критерии) кластеризации, а также выделить набор признаков, на основании которого и будет осуществляться кластеризация.

На втором этапе определяется количество формируемых кластеров. Одной из особенностей алгоритма k-средних является необходимость самостоятельного определения количества k формируемых кластеров и использование данного значения в качестве исходных данных, что составляет дополнительную проблему. Для определения количества формируемых кластеров выбран метод «горной кластеризации» (субтрактивная кластеризация). Данный вычислительный метод

позволяет определить количество кластеров, не основываясь на интуитивных и теоретических соображениях [7].

Третий этап – кластеризации методом *k*-средних. Как и определение количества формируемых кластеров, сама процедура кластеризации проводится отдельно для каждого критерия кластеризации. Стоит отметить, что выбранный высокоточный алгоритм кластеризации k-средних обладает высокой чувствительностью к выбору начального приближения (центров кластеров), в связи с чем необходимо проведение нескольких процедур кластеризации с использованием различных алгоритмов выбора начальных центров кластеров и последующим определением наиболее подходящего алгоритма для выбранных исходных данных [4].

На четвертом этапе, имея сформированные кластеры, необходимо провести анализ состава всех кластеров и определить общие свойства объектов, находящихся в одном кластере, для этого проводится разделение всех признаков на значимые и незначимые. В данной работе определение значимости признаков будет основано на анализе средних значений и дисперсии отношения количества объектов с данным признаком к общему количеству объектов (далее – отношение количества), а принятие решение о значимости признаков будет проводиться на основе критерия минимального риска Сэвиджа [8]. Данный критерий позволяет выбрать в качестве значимого тот признак реализации УБИ, которому соответствует наибольшее среднее значение отношения количества объектов при наименьшем значении дисперсии отношения количества объектов. Процедура вычисления значений критерия Сэвиджа по формуле (1).

$$S = \min_{i \in N_m} \left\{ \max_{j \in N_n} \left\{ \max_{i \in N_m} \left\{ a_{ij} \right\} - a_{ij} \right\} \right\} \quad (1)$$

где m – число признаков реализации УБИ; n – число оцениваемых характеристик признаков реализации УБИ; a_{ij} – значение j-ой характеристики для i-го признака реализации УБИ; S – критерий Сэвиджа.

2. Реализации разработанной методики снижения размерности

На первом этапе определены исходные данные (объекты кластеризации), используемые для проведения кластеризации. Кластеризация будет проводиться в 2-х пространствах на основе двух критериев (далее – критерий кластеризации) и соответствующих им признаков:

1. критерий кластеризации. Последствия реализации угроз:
– нарушение конфиденциальности, целостности и доступности (КЦД);
– нарушение конфиденциальности и целостности (КЦ);
– нарушение конфиденциальности и доступности (КД);
– нарушение целостности и доступности (ЦД);
– нарушение конфиденциальности (К);
– нарушение целостности (Ц);
– нарушение доступности (Д).
2. критерий кластеризации. Потенциал нарушителя:
– внешний нарушитель с высоким потенциалом (ВншНВП);
– внешний нарушитель со средним потенциалом (ВншНСП);
– внешний нарушитель с низким потенциалом (ВншННП);
– внутренний нарушитель с высоким потенциалом (ВнтНВП);
– внутренний нарушитель со средним потенциалом (ВнтНСП);
– внутренний нарушитель с низким потенциалом (ВнтННП).

Для каждого критерия кластеризации выполняется самостоятельный процесс снижения размерности.

После этого, на втором этапе, произведена субтрактивная кластеризация, реализованную в *Matlab* в виде функции *subclust* [9]. Выполнение субтрактивной кластеризации для обоих критериев кластеризации, «Последствия реализации угроз» и «Потенциал нарушителя», позволило определить количество формируемых кластеров, равное пяти.

Определив значения количества кластеров, осуществляется снижение размерности путем проведения кластеризации методом *k*-средних.

Данная кластеризация производилась с использованием программного обеспечения *STATISTICA*, являющегося набором инструментов для анализа данных, визуализации, прогнозирования, нейросетевых вычислений, *data mining* и контроля качества [10].

Как было отмечено ранее, метод кластеризации *k*-средних обладает высокой чувствительностью к выбору начального приближения (центров кластеров). Поэтому для каждого критерия было осуществлено последовательно три процедуры кластеризации с различными способами выбора начальных центров кластеров:

1. максимизация начальных расстояний между кластерами;
2. сортировка расстояний и выбор наблюдений на постоянных интервалах;
3. выбор первых n (число кластеров) наблюдений.

Первичный анализ результатов кластеризации позволил выделить, для критерия кластеризации «Последствия реализации угроз» процедуру выбора начальных центров кластеров «Максимизация начальных расстояний между кластерами», а для критерия кластеризации «Потенциал нарушителя» – «Сортировка расстояний и выбор наблюдений на постоянных интервалах», как процедуры, позволяющие добиться большей однородности объектов в формируемых кластерах. В результате чего, кластеризация по каждому критерию кластеризации будет осуществляться на основе соответствующих процедур выбора начальных центров кластеров.

Графическое представление результатов кластеризации объектов воздействия по критерию кластеризации «Последствия реализации угроз» представлено на рис. 2.

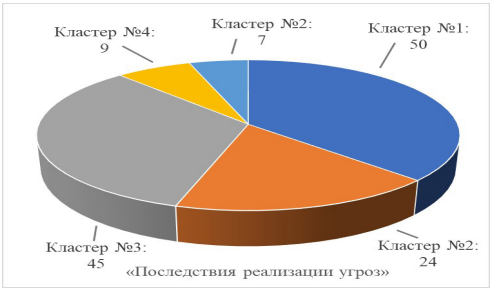


Рис. 2. Результат кластеризации объектов воздействия по критерию кластеризации «Последствия реализации угроз»

Графическое представление результатов кластеризации объектов воздействия по критерию кластеризации «Потенциал нарушителя» представлен на рис. 3.

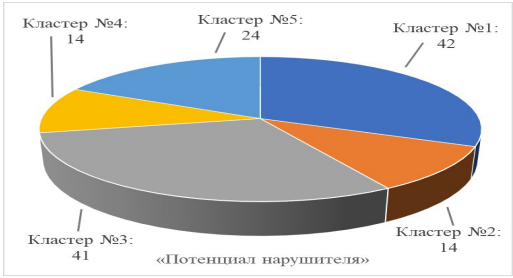


Рис. 3. Результат кластеризации объектов воздействия по критерию кластеризации «Потенциал нарушителя»

На четвертом этапе, определяются значимые признаки кластеров на основе анализа статистических характеристик. Принятие решения о значимости признака проводится на основе анализа средних значений и дисперсий признаков по критерию Сэвиджа.

Результаты вычислений критерия Сэвиджа для кластеров, сформированных на основе признаков кластеризации «Последствия реализации угроз» и «Потенциал нарушителя», представлены в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

Таблица 1

Значения критерия Сэвиджа для кластеров, сформированных на основе признака кластеризации «Последствия реализации угроз»

Последствия реализации угроз / Номер кластера	Нарушение КЦД	Нарушение КЦ	Нарушение КД	Нарушение ЦД	Нарушение К	Нарушение Ц	Нарушение Д
Кластер № 1	0,5	0,36	0,5	0,5	0	0,48	0,06
Кластер № 2	0,75	0,79	0,46	0,06	0,69	0,79	0,79
Кластер № 3	0,04	1	0,98	0,96	1	1	1
Кластер № 4	0,44	0,89	0,78	0,67	1	0,28	1
Кластер № 5	0,3	0,86	0,86	0,71	0,6	0,86	0,3

Таблица 2

Значения критерия Сэвиджа для кластеров, сформированных на основе признака кластеризации «Потенциал нарушителя»

Потенциал нарушителя / Номер кластера	ВншНВП	ВншНСП	ВншННП	ВнтНВП	ВнтНСП	ВнтННП
Кластер № 1	0,35	0,16	0,52	0,47	0,52	0
Кластер № 2	1	0,71	0,22	1	1	1
Кластер № 3	0,95	0,8	0,16	1	0,88	0,16
Кластер № 4	0,86	1	1	1	0,13	1
Кластер № 5	0,96	0,08	0,96	1	0,08	0,92

3. Анализ полученных результатов

Таким образом, выбирая минимальные значения критерия Сэвиджа результатов кластеризаций объектов воздействия в пространствах «Последствия реализации угроз» и «Потенциал нарушителя», можно описать каждый сформированный кластер с точки зрения общих (значимых) признаков объектов, включенных в них:

1. . По критерию «Последствия реализации угроз»:

– кластер № 1 состоит из объектов, для которых характерны нарушения конфиденциальности и нарушения доступности;

– кластер № 2 состоит из объектов, для которых характерны нарушения целостности и доступности;

– кластер № 3 состоит из объектов, для которых характерны нарушения конфиденциальности, целостности и доступности;

– кластер № 4 состоит из объектов, для которых характерны нарушения конфиденциальности, целостности и доступности, а также нарушения целостности;

– кластер № 5 состоит из объектов, для которых характерны нарушения конфиденциальности, целостности и доступности, а также нарушения доступности.

2. По критерию «Потенциал нарушителя»:

– кластер № 1 состоит из объектов, для которых характерны нарушения, совершаемые внешними нарушителями со средним потенциалом и внутренними нарушителями с низким потенциалом;

– кластер № 2 состоит из объектов, для которых характерны нарушения, совершаемые внешними нарушителями с низким потенциалом;

– кластер № 3 состоит из объектов, для которых характерны нарушения, совершаемые внешними нарушителями с низким потенциалом и внутренними нарушителями с низким потенциалом;

– кластер № 4 состоит из объектов, для которых характерны нарушения, совершаемые внутренними нарушителями со средним потенциалом;

– кластер № 5 состоит из объектов, для которых характерны нарушения, совершаемые внешними нарушителями со средним потенциалом и внутренними нарушителями со средним потенциалом.

Заключение

В данной работе был разработан подход к снижению размерности пространства признаков угроз в интеллектуальных системах обеспечивания информационной безопасности. Разработанный подход включает в себя четыре этапа и основывается на циклическом проведении кластерного анализа с последующей оценкой результатов с

применением критерия принятия решений Сэвиджа. В результате применения разработанного подхода для сведений об угрозах безопасности информации, содержащихся в банке данных угроз ФСТЭК России было проведено снижение размерности пространства возможных условий и последствий реализации угроз безопасности информации с 5760 элементов до 25.

Применение разработанного подхода к снижению размерности пространства признаков реализации УБИ актуально при проведении оценки эффективности и обосновании множества мер защиты информации от УБИ. Несмотря на возможную потерю в точности оценки эффективности множества мер защиты информации от УБИ, применение данного подхода позволяет уменьшить трудоемкость и как следствие, материальные затраты, на решение задачи оценки эффективности множества мер защиты информации от УБИ.

Разработанный подход к снижению размерности пространства признаков реализации УБИ позволил выделить значимые (типовые) признаки реализации УБИ по признакам кластеризации «Последствия реализации угроз» и «Потенциал нарушителя», однако для дальнейшего уменьшения трудоемкости решения задачи оценки эффективности и обоснования множества мер защиты информации от УБИ требуется выделение типовых объектов воздействия УБИ. Поэтому дальнейшая работа будет направлена на обоснование и типизацию объектов воздействия УБИ.

Список литературы

1. Популярные категории средств защиты информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.anti-malware.ru/security/ свободный. Загл. с экрана – Яз. рус.

2. Банк данных угроз безопасности информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://bdu.fstec.ru/ свободный. Загл. с экрана – Яз. рус.

3. Силен, Д. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных / Д. Силен, А. Мейсман [и др.]. – СПб.: Питер, 2018. – 336 с.

4. Пеливан, М.А. Реализация алгоритмов кластеризации в среде Matlab / М.А. Пеливан // Сборник научных работ III Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки, технологии и производства», г. Санкт-Петербург, 21-22 ноября: / – СПб: Издательство Международный Союз ученых, 2014. – С. 134-139.

5. Будников, С.А. Вероятностные характеристики поиска признаков компьютерной атаки в централизованной системе защиты информации / С.А. Будников, И.А. Андреещев // Материалы международной научно-практической конференции «Информационные

технологии. Проблемы и решения» №1-2 – Уфа: Издательство Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2015. – С. 316-320.

6. Миркин, Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор : препринт WP7/2011/03 / Б. Г. Миркин ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. – 88 с.

7. Заде, Л.А. Кластеризация и кластер / Л.А. Заде, С. Рао [и др.]. – М.: Мир, 1980. – 383 с.

8. Богоявленский, С.Б. Теоретические и практические аспекты принятия решений в условиях неопределенности и риска : учеб. пособие / С. Б. Богоявленский. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. гос. экон. ун-та, 2014. – 118 с.

9. Дьяконов, В.П. MATLAB. Полный самоучитель / В.П. Дьяковнов ; – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.

10. Боровиков, В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. П. Боровиков – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

Способ сетевого планирования аудита информационной безопасности объектов критической информационной инфраструктуры

Н. Е. Платов, email: platovne@mail.ru
А. Н. Медведев, email: m561@rambler.ru

Краснодарское высшее военное училище имени
генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В работе рассматриваются объекты критической информационной инфраструктуры Российской Федерации. Приводится краткий обзор методов сетевого планирования и управления, нормативной правовой базы в области защищенности значимых объектов критической информационной инфраструктуры. Предложен к рассмотрению способ проведения аудита информационной безопасности таких объектов.*

Ключевые слова: *аудит информационной безопасности, объект критической информационной инфраструктуры, метод сетевого планирования и управления, оценка рисков информационной безопасности.*

Введение

Цель работы состоит в разработке способа проведения аудита информационной безопасности (ИБ) объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ). Новизна работы заключается в комплексном применении известных методов сетевого планирования и управления, стандартов (методов) аудита и оценки рисков ИБ объектов КИИ и соотношения величины объёма аудита ИБ к количеству экспертов в этой области.

При построении системы обеспечения ИБ наряду с процессами реализации защитных мер, обучения персонала, внедрения политики безопасности и т. д., важное значение имеют процессы контроля и проверки состояния ИБ. Такой контроль позволяет проверить адекватность выбранных мер и средств защиты, а также выявить уязвимости в существующей информационной системе (ИС). Среди процессов контроля и проверки ИБ особое положение занимает аудит ИБ, основным назначением которого является формирование независимой оценки ИБ [1].

© Платов Н. Е., Медведев А. Н., 2021

Основными из научно-технических проблем обеспечения информационной безопасности являются проблемы в областях:

- разработки требований и норм по защищенности критически важных ИКС России и оценки возможных рисков нарушения их безопасности;
- разработки и обоснования стратегий аудита и мониторинга безопасности инфокоммуникационных систем;
- проведения экспертиз реального уровня защищенности критически важных информационных систем в процессе их эксплуатации [2].

Предложенный способ проведения аудита ИБ позволит на практике получить численные значения уровня защищенности объектов КИИ при переходе в критичное состояние (пороговый минимум) с учетом структуры таких систем и реальных условий их функционирования.

Планирование аудита ИБ представляет собой один из важнейших этапов проверки объектов КИИ на их защищенность. От того, насколько тщательно происходит подготовка к предстоящей проверке, во многом зависит степень эффективного использования специалистов, задействованных в проверке, что закономерно обусловливает рациональное и грамотное использование их рабочего времени при одновременной экономии трудовых затрат.

Суть сетевого планирования и управления

Сетевое планирование и управление (СПУ) представляет собой систему методов, с помощью которых осуществляется планирование и управление научными и конструкторскими исследованиями и проектами, организацией и проведением крупных общественных мероприятий и т. п. Диапазон применения СПУ весьма широк: от задач, касающихся деятельности отдельных лиц, до проектов, включающих сотни организаций и десятки тысяч людей, таких как, например, создание крупного территориально-промышленного комплекса [3].

Из-за этого и возникла необходимость рассмотреть и обосновать актуальность сетевого планирования аудита ИБ с целью структурирования, детализации и возможности корректировать мероприятия по очередности, длительности и полноте при оценке защищенности объектов КИИ.

Проанализировав методы сетевого планирования, был сделан выбор в пользу «Метода критического пути (МКП) – относящегося к Детерминированному сетевому методу» и «Метода графической оценки и анализа (GERT) – относящегося к Альтернативным Вероятностным сетевым методам».

В Детерминированных сетевых методах – взаимная последовательность и продолжительности работ заданы однозначно, а Альтернативные Вероятностные сетевые методы позволяют варьировать проведением мероприятий, так как продолжительности всех или некоторых работ и связей между работами носят вероятностный характер (рис. 2).

В соответствии со Стандартом Банка России СТО БР ИББС-1.1-2007 программа аудита ИБ включает деятельность, необходимую для планирования и организации определенного количества аудитов ИБ, их контроля, анализа и совершенствования, а также обеспечения их ресурсами, необходимыми для эффективного и результативного проведения аудитов ИБ в заданные сроки.

Стандартом Банка России СТО БР ИББС-2.7-2015 определены методологические рекомендации по обеспечению необходимых и достаточных кадровых ресурсов к определению потребностей службы ИБ.

Международным стандартом ISO/IEC 27006:2015, а также Национальным стандартом РФ ГОСТ Р ИСО/МЭК 27006-2008 регламентированы процедуры определения продолжительности аудита ИБ, которые учитывают размер, характеристики, сложность и значимость потенциальных рисков ИБ, а также критерии, которые должны учитываться при определении необходимого времени аудитора.

Из поста [4] Блога Сергея Борисова, эксперта и системного интегратора в области ИБ на Кубани, виден статистический анализ и подбор нормативных правовых актов РФ и СССР в части касающейся только необходимого количества ИТ- и ИБ-специалистов в организации, опять же только для трудовой деятельности с обслуживанием объектов (АРМ, ОС, серверов, СУБД, ППО, …). На работы по ИБ или ЗИ подобных публичных норм, к сожалению, нет.

Существующее положение дел свидетельствует о том, что отсутствуют какие-либо нормативный правовые акты в мире (в т.ч. и в РФ) регламентирующие временные показатели и критерии (трудозатраты, человеко-часы) проведения конкретных мероприятий аудита ИБ, в связи с чем и требуется исследовать вариации очерёдности/длительности/полноты проведения частных работ аудита ИБ в разные промежутки времени с применением методов СПУ.

За счёт постоянного роста числа объектов КИИ требуется (в порядке доказуемости) выделение большего количества должностных лиц (экспертов) либо времени для проведения аудита ИБ, отсюда необходимо оптимизировать проведение аудита ИБ (решить оптимизационную задачу).

Состояние кибербезопасности

Проанализировав состояние ИБ в мире и РФ видно, что имеется тенденция к росту числа кибератак, в том числе и рассматриваемая модель внутреннего злоумышленника с наличием «жертвы» социальной инженерии. Причем в России наблюдаются кибератаки на объекты КИИ как из-за рубежа, так и среди своих же «хакеров».

Тем не менее защищенность объектов КИИ снижается из-за появления новых методов и способов воздействия и реализации угроз ИБ, а декомпозировав её оценку и проведение мероприятий путём введения и применения комплексных показателей (критериев) БИ на каждом этапе аудита ИБ возможно повысить качество его проведения в целом.

Руководящие документы

Анализ нормативных правовых актов РФ в области информационной безопасности (ИБ) КИИ РФ:

– раскрывает необходимость защиты КИИ и повышении её защищенности, безопасности функционирования объектов КИИ, а также достаточности сил для этих целей;

– устанавливает задачи по оценке состояния ИБ, планированию, осуществлению и оценке эффективности комплекса мер по обеспечению ИБ и организации деятельности и координации взаимодействия сил обеспечения ИБ [5].

Определены составы мер организационных и технических по обеспечению безопасности (ОБ) для значимого объекта (ЗО) соответствующей категории значимости таких как:

– регламентация правил и процедур планирования мероприятий по обеспечению защиты информации (ПЛН.0);

– разработка, утверждение и актуализация плана мероприятий по обеспечению защиты информации (ПЛН.1);

– контроль выполнения мероприятий по обеспечению защиты информации (ПЛН.2);

– регламентация правил и процедур аудита безопасности (АУД.0) [6].

Определены полномочия органам государственной власти, федеральным органам исполнительной власти и требования к ОБ ЗО КИИ, а именно:

– осуществление госконтроля, организация и проведение оценки безопасности КИИ;

– планирование, разработка, совершенствование и внедрение мероприятий по ОБ ЗО КИИ [7].

Определены следующие требования (мероприятия) по:

– планированию системы менеджмента (СМ) ИБ и оценке рисков ИБ;

– функционированию (оперативному планированию и управлению, оценке рисков ИБ и их обработке) СМИБ;

– улучшению системы менеджмента ИБ [8].

Визуальное представление способа проведения аудита ИБ

Исходя из вышесказанного разработан способ сетевого планирования аудита ИБ учитывающий пересечение следующих множеств (рис. 1):

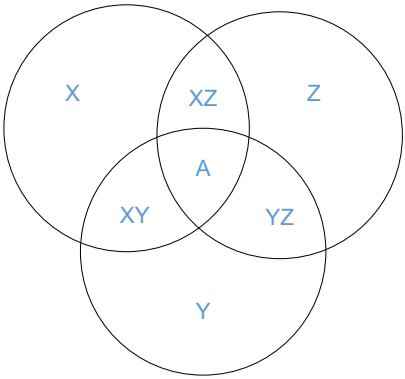


Рис. 1. Диаграмма Эйлера-Венна проведения аудита ИБ

На рисунке 1 представлены следующие обозначения:

X – Множество стандартов и методов аудита и оценки рисков ИБ [9], в которое входят элементы из таблиц 1 и 2, с применением метода Саати.

Y – Множество методов СПУ, в которое входят элементы: метод критического пути и метод графической оценки и анализа (GERT)), основанные на теории графов (рис. 2).

Z – Множество переменных отношения величины объёма аудита ИБ к количеству экспертов в составе комиссии.

XY – подмножество зависимостей методов СПУ аудита ИБ от методов (стандартов) аудита и оценки рисков ИБ.

YZ – подмножество зависимостей методов СПУ аудита ИБ от переменных отношения величины объёма аудита ИБ к количеству экспертов в составе комиссии.

XZ – подмножество зависимостей методов (стандартов) аудита и оценки рисков ИБ от переменных отношения величины объёма аудита ИБ к количеству экспертов в составе комиссии.

Таблица 1

Сравнительный анализ стандартов и методов идентификации активов [9]

Стандарт / метод	Типы активов										Проводимые мероприятия						
	Информация	Бизнес-процессы	Технические средства	Программное обеспечение	Каналы и сети передачи данных	Персонал	Помещения	Организационная структура	Обеспечивающие системы	Третьи стороны	Интервьюирование	Опросные листы	Анализ документации	Физический осмотр	Анализ инцидентов	Использование инструментальных средств	Мозговой штурм
ISO/IEC серий 27000 и 31000	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+	+	+	–
NIST SP 800 серии	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	+	+	+	–	+	+	–
РС БР ИББС-2.2-2009	+	+	+	+	+	–	+	–	–	–	+	+	–	–	–	–	–
Р Газпром 4.2-3-003-2015	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	–
MAGERIT	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+	–	–	+	–	+
EBIOS	+	–	+	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+	+	–	+	–
PCI DSS	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	+	+	–	–	+	–	–
OCTAVE	+	–	+	+	+	+	+	–	–	–	+	+	–	–	–	+	+
CRAMM	+	+	+	+	–	+	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–	–
ГРИФ	+	+	+	+	+	+	–	+	–	–	+	+	–	–	–	–	–
RiskWatch	+	–	+	+	+	+	–	–	–	–	+	+	–	–	+	+	–
Microsoft	+	–	+	+	+	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–	+	–

Таблица 2

Сравнительный анализ стандартов и методов анализа рисков [9]

Стандарт / метод	Виды оценки		Оценка вероятности события								Категории последствий					
			Параметры			Учитываемые факторы										
	Качественная	Количественная	Вероятность	Частота	Актуальность	Мотивация источника угроз	Возможности источника угроз	Осведомленность источника угроз	Уязвимости	Реализованные защитные меры	Прямые материальные	Косвенные материальные	Правовые	Репутационные	Ущерб жизни и здоровью	Ущерб окружающей среде
ISO/IEC серий 27000 и 31000	+	+	+	–	–	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+	+
NIST SP 800 серии	+	+	+	–	–	+	+	–	+	+	+	+	–	+	+	–
РС БР ИББС-2.2-2009	+	+	+	–	–	+	+	–	–	+	+	+	+	+	–	–
Р Газпром 4.2-3-003-2015	+	+	+	–	–	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BSI-Standard 100-3	+	–	–	–	+	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–
MAGERIT	+	–	+	+	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+
EBIOS	+	–	+	–	–	+	+	–	+	+	+	+	–	–	–	–
PCI DSS	+	+	+	–	–	+	+	–	+	+	+	–	–	–	–	–
OCTAVE	+	–	+	–	–	+	–	–	+	+	+	+	+	+	+	–
CRAMM	+	+	–	+	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	–
ГРИФ	+	+	+	–	–	–	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–
RiskWatch	–	+	–	+	–	–	–	–	+	+	+	+	–	+	+	–
Microsoft	+	+	–	+	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	–	–

В результате получаем симбиоз конкретного стандарта (метод) аудита и оценки рисков ИБ и конкретного метода СПУ в зависимости от переменного отношения величины объёма аудита ИБ к количеству экспертов в составе комиссии, а именно:

А – как элемент достижения способа проведения аудита ИБ.

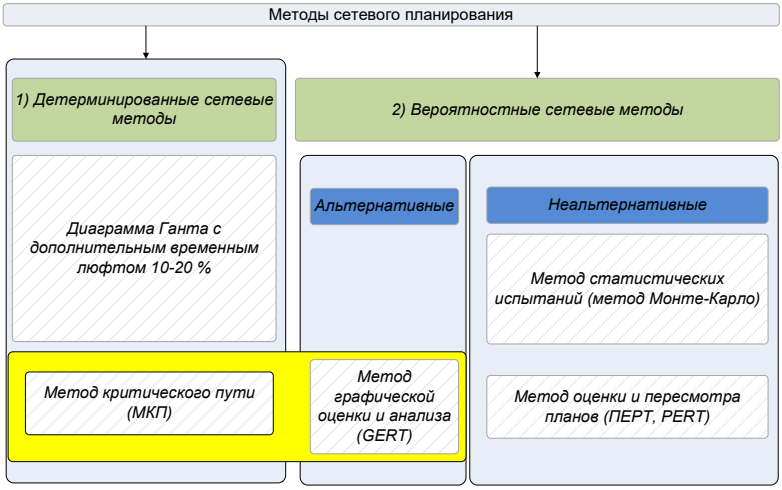


Рис. 2. Методы сетевого планирования и управления

Заключение

Возникновение новых и совершенствование существующих информационных технологий происходит постоянно и практически непрерывно (например, обновления приложений для Android выходят в Google Play в среднем раз в 28 дней), тогда как процессы совершенствования системы обеспечения информационной безопасности имеют выраженные интервалы функционирования с длительными регламентированными циклами. Справедливое желание с более высокой достоверностью осуществлять верификацию средств защиты связано с невозможностью существенно сократить эти циклы и приблизить их длительность к темпам инноваций в области информационных технологий [10].

Из всего вышесказанного следует обобщённое заключение по актуальности выдвижения указанной выше работы, а именно необходимость обоснования комплексного подхода в применении известных методов решения задач сетевого планирования аудита ИБ,

оценке рисков её и достаточности сил для повышения качества, и уровня защищенности объектов КИИ за счёт:

– выбора оптимального количества должностных лиц (экспертов) в составе комиссии исходя из количества элементов объекта КИИ и состояния его защищенности;

– определения очередности (последовательно или параллельно (в т.ч. одновременно несколько)) выполнения частных мероприятий по оценке защищенности объекта КИИ; длительности (снижения/увеличения) выполнения частных мероприятий по оценке защищенности объекта КИИ; а также полноты (полностью или частично (для выдержки, выявления закономерностей)) выполнения частных мероприятий по оценке защищенности объекта КИИ;

– поддержания порогового (минимального) уровня защищенности в свете появления новых (типов, видов) угроз ИБ и способов их воздействия с применением социальной инженерии.

Список литературы

1. Макаренко, С. И. Аудит информационной безопасности: основные этапы, концептуальные основы, классификация мероприятий / С. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 1. – С. 1-29.

2. Давыдов, А. Е. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем : научно-техническое издание / А. Е. Давыдов, Р. В. Максимов, О. К. Савицкий. – М. : ОАО «Воентелеком», 2015. – 520 с.

3. Плескунов, М.А. Задачи сетевого планирования : учебное пособие / М. А. Плескунов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 92 с.

4. ИТ. Норма ИТ и ИБ специалистов в гос. учреждениях [Электронный ресурс] : Блог Сергея Борисова про ИБ. Режим доступа: https://sborisov.blogspot.com/2017/11/blog-post_23.html

5. Указ Президента РФ от 5 декабря 2016 года № 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности РФ» // Собрание законодательства РФ. – 12.12.2016. – № 50. – ст. 7074.

6. Приказ ФСТЭК «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (в ред. Приказа ФСТЭК России от 26.03.2019 г. №60) от 25.12.2017 г. № 239 // Российская газета. – 28.03.2018 (в ред. Российская газета. – 27.04.2019).

7. Федеральный закон РФ № 187-ФЗ от 26.07.2017 г. «О безопасности критической информационной инфраструктуры» (в ред.

Федерального закона № 193-ФЗ от 26.07.17, № 194-ФЗ от 26.07.19) // Собрание законодательства РФ. – 31.07.2017. – № 31. – ст. 4736.

8. Международный стандарт ISO/IEC 27001:2013. Информационные технологии – Методы защиты – Системы менеджмента информационной безопасности – Требования [Текст]. – Введ. 2013-10-01. – ISO copyright office, Case postale 56 * CP 401: CH-1211 Geneva 20, Switzerland, 2013. – с. 34

9. Лившиц, И. И. Модели и методы аудита информационной безопасности интегрированных систем управления сложными промышленными объектами: специальность 05.13.19 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Лившиц Илья Иосифович ; Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук. – Санкт-Петербург, 2018. – 418 с. – Библиогр.: с. 109-110. – Текст : непосредственный.

10. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства [Электронный ресурс] : Общероссийский научно-практический журнал «Инновация». Режим доступа: https://maginnov.ru/ru/zhurnal/arhiv/2018/innovacii-n3-2018/innovacionnye-informacionnye-tehnologii-v-kontekste-obespecheniya-nacionalnoj-bezopasnosti-gosudarstva

Исследование методов машинного обучения для решения задачи прогноза успешности работы оператора по дополнительной информации

В. А. Подольский, email: vladimirsk2007@yandex.ru[1]
Я. А. Туровский, email: yroslav_turovsk@mail.ru[1,2]
А. И. Михальский, email: ipuran@yandex.ru[1]
А. В. Алексеев, email: a_v_alekseev@bk.ru[2]

[1] Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
[2] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», Россия, 394018, Воронеж, Университетская прощать, 1

Аннотация. *В современном мире все большую важность приобретают системы, обеспечивающие взаимодействие человека и машины – человеко-машинные интерфейсы. Качество работы таких интерфейсов складывается из двух составляющих: качества исполнения аппаратного содержимого и эффективности алгоритмов обработки входящей информации. В данной работе рассматривается возможность разработки алгоритма распознавания сигналов от человека машине, при использовании дополнительной информации, доступной только на этапе обучения.*

Ключевые слова: *человеко-машинный интерфейс, машинное обучение, биомедицинская информация;*

Введение

Робототехнические системы уже проникли практически по все сферы нашего общества, в связи с чем увеличивается важность решения задач, связанных с качеством управления данными системами. Одной из таких задач – является повышение точности подаваемых команд оператором при использовании человеко-машинных интерфейсов (Интерфейс «человек – компьютер» – ИЧК).

Примерами ИЧК, основанными на различных принципах работы, являются:

- неинвазивный интерфейс «мозг-компьютер»;
- нейромышечный интерфейс;
- окулографический интерфейс.

© Подольский В. А., Туровский Я. А., Михальский А. И., Алексеев А. В., 2021

Широкое внедрение ИЧК выдвигает ряд задач, для решения которых необходимо разрабатывать новые подходы для анализа и интерпретации информации, получаемой от оператора, для генерации команд роботизированному комплексу.

Области применения современных ИЧК достаточно широки – от медицинской техники до военных систем; от помощи пациенту с инвалидностью до управления сложной технической системой. Применение ИЧК позволяют выполнять большее число задач с повышенной точностью.

Различные интерфейсы используют регистрацию различных физических параметров человека-оператора: электроэнцефалограммы, электромиограммы, движения зрачков, и формируя на их основании управляющие команды и сигналы управления устройством. Но те же интерфейсы подвержены действию различных возмущающих сигналов и шумов, которые ухудшают качество управления и сказываются на результате.

Если влияние технических помех возможно уменьшить путём использования различных фильтров и алгоритмов фильтрации, то возмущения, связанные с особенностями оператора и его состояния, требуют применения специальных методов, учитывающих информацию об операторе, доступную только на этапе разработки алгоритма генерации команд, но недоступную при работе оператора. В данной работе исследования проводятся при использовании окулографического интерфейса.

1. Описание исследования

Работа проводится по данным, получаемым с окулографического интерфейса. Окулографический интерфейс основан на бесконтактной регистрации движения глаз. Отслеживание движения глаз позволяет определять куда направлен взгляд оператора и сопоставлять его с предыдущим положением глаза, таким образом, определяя траекторию движения и сравнивая ее с запрограммированными командами, передавать системе соответствующую команду [1].

Исследование проводилось при управлении курсором на экране монитора, а также при управлении двигательной технической системой в виде радиоуправляемой машинки.

В данной работе проводится обзор данных именно движения курсора на экране монитора, т.к. это является наиболее простой моделью для интерпретации и отработки методики.

Операторы по очереди проходили заданный тест в виде обхода курсором препятствий на экране, управление осуществлялось

исключительно движениями глаз. Каждый оператор проводил подготовительный этап, а также 4 упражнения.

В течение всего времени управления у операторов замерялись показания вариабельности сердечного ритма (ВСР), а также каждый оператор перед началом задания прошел психологические тесты на:

– Тест на рабочую память (задавалась матрица размером 5*5 квадратов. В каждой попытке генерировалось выделение 3 квадратов, последовательность которых нужно было запомнить и верно определить в конце каждой попытки. Число попыток равнялось 10)

– Тест Айзенка (определялись показатели интроверсии/экстраверсии, нейротивизма);

– Тест Спилберга (измерялась ситуативная и личностная тревожность);

Также по каждому оператору были получены данные генетического исследования по следующим полиморфизмам: Rs6265, Rs429358, Rs6313, Rs4570625.

На полученных данных ставится задача проверить применимость существующих алгоритмов машинного обучения, с целью определения наиболее эффективного метода, значимых признаков и дальнейшее развитие работы в тестировании биологических и психофизических показателей в качестве скрытой информации, доступной при обучении, но не доступной при реальной работе с системой.

2. Описание экспериментов

Исследование строилось из двух пунктов:

1. Предопределение склонности к ошибке оператора до начала управления системой;

2. Оценка качества выполнения задачи в процессе управления системой оператором;

Пункт 1 позволяет получить необходимые знания о состоянии оператора, заранее понять способен ли он выполнить поставленную задачи без ошибок, есть ли у него склонность к ошибке на основе обработки его психофизических и генетических показателей.

Пункт 2 становится важным шагом для перехода к системе адаптивной помощи оператору в процессе управления. Т.е. речь идет про использования на стадии обучения системы скрытой информации, для улучшения качества взаимодействия оператора с системой. Согласно выдвигаемой гипотезе, данная информация позволит в рамках поставленной задачи с учетом ряда внешних факторов уменьшить риск ошибки оператором в процессе управления.

Для получения данных для отработки выдвинутых гипотез, в исследовании участвовали 40 операторов, каждый из которых совершил

по 4 «заезда». Ведется дополнительная работа по увеличению кол-ва участников, с целью улучшения качества данных для дальнейшей разработки алгоритма.

Вся процедура получения данных от оператора составляла этап калибровки системы и 4 этапа «заездов» – выполнение тестовых поставленных задач.

Оператор должен был преодолеть маршрут с заданными препятствиями управляя курсором на экране с помощью окулографического интерфейса. «Ошибкой» в данном исследовании считалось попадание курсора на препятствие.

У каждого оператора помимо предварительных психофизических тестов и генетического исследования замерялись показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) в процессе работы с системой, и на этапе калибровки и на тестовых «заездах».

ВСР – важный показатель, характеризующий психофизическое состояние человека, на основе которого возможно построение анализа качества управления [2]. В [3] проведена работа по выявления зависимости – влияет ли отклонения ВСР на возникновение ошибок и можно ли на основе ВСР делать выводы об успешности управления оператором.

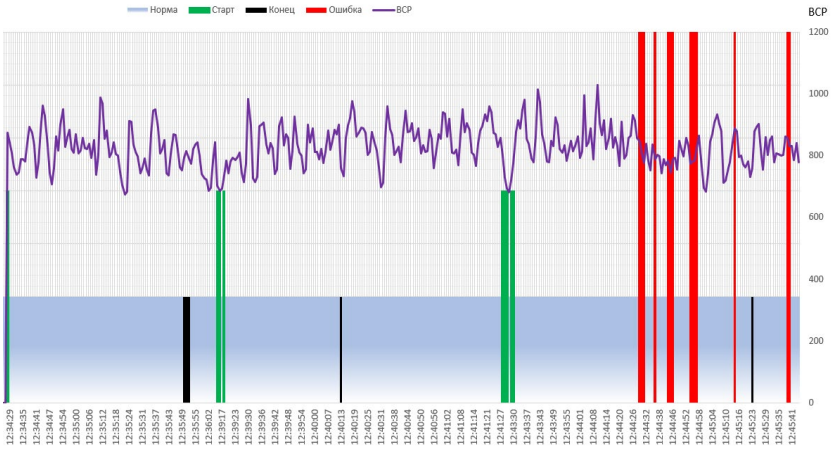


Рисунок. Индивидуальное ВСР в динамике, сопоставленное с результатами управления

На рисунке показаны графики различной информации, агрегированной в ходе экспериментов. График изображает значения ВСР, график сопоставлен с гистограммами, обозначающими статус текущей команды – светлый нижний уровень, это норма (работа выполняется в нормальном режиме); светлые столбы среднего размера обозначают начало записи нового теста; черные столбы на нижнем уровне – прерывание записи. Самые высокие яркие столбы обозначают ошибки, совершенные оператором – в данном случае, заход за границу.

На рисунке видно, что за несколько секунд до ошибки у оператора ВСР еще не отклонилось от среднего уровня, но при этом уже участилось кол-во резких перепадов значений ВСР, а при совершении ошибки происходит учащение сердцебиения.

3. Сравнительный анализ методов машинного обучения для работы с данными, для улучшения качества управления

По описанным данным ВСР и результатам психофизических тестов было проведено исследование методов машинного обучения на предмет наибольшей точности классификации операторов на того, кто ошибется и того, кто задачу выполнит безошибочно.

На основании работы с данными были отобраны 2 метода и их модификации, остальные методы не рассматривались по причине их малой эффективности при первичной работе с данными.

Для анализа использовались разные ядра SVM метода, как наиболее распространенного, а также использовался KNN – метод ближайших соседей, как достаточно эффективный представитель простых методов.

Ниже представлена таблица с результатами на экзаменационной выборке по каждому эксперименту.

Таблица

Сравнительные показатели точности методов (точность в %)

	Биомедицинские показатели	Психофизические показатели	Психофизические показатели + генетика
SVM (htan)*	70%	76%	76%
SVM (polynom)*	67%	67%	83%
SVM(rbf)*	70%	76%	83%
KNN	67%	76%	83%
* Для методов SVM проводилась кросс-валидация для устранения зависимости от разбиения на выборки обучающую и тестовую			

В таблице показаны результаты обучения и тестирования, т.е. вся выборка данных была разделена на обучающую и экзаменационную путем программного алгоритма случайного разбиения. Параметры обучения для методов SVM подбирались путем оценки ошибки кросс-валидации – зависимости результата обучения от варианта разбиения [4]. Выбирались параметры обеспечивающих наименьшую зависимость от варианта разбиения исходных данных. В таблице представлены результаты каждого из методов на основе уже лучшего набора параметров для каждого метода с учетом кросс-валидации.

По таблице можно отметить, что метод KNN несмотря на всю его простоту – показывает достаточно высокие результаты точности.

Второе, что важно отметить, это то, что обучение по психофизическим показателям в действительности помогает лучше классифицировать «ошибочность» оператора, т.е. это может обозначать, что характер личности и особенностей восприятия информации оказывает существенное влияние на качество обучения, и данные выводы коррелируют с [5].

Заключение

В работе проведено исследование, позволяющее утверждать, что использование дополнительной психофизической и генетической информации позволяет до начала управления выделить операторов, которые совершат при работе малое число ошибок.

Проведена проверка различных методов машинного обучения для выявления наиболее эффективных для дальнейшей работы с внедрением в обучение скрытой информации. Результаты показали, что, несмотря на свою простоту, метод KNN не уступает по точности таким популярным методам, как SVM с различными ядрами, и даже иногда превосходит их.

Говоря про технический аспект задачи, то KNN показывает лучшее временные характеристики работы, нежели другие методы при сравнимой точность. Таким образом, данная работа подтверждает целесообразность использования простых методов при построении алгоритмов машинного обучения для повышения качества управления робототехнической системой с помощью ИЧК.

На текущий момент достигнуты устойчивые результаты по классификации операторов на того, кто ошибется и того, кто выполнит все без ошибок. Это важно для информирования центров принятия решений до момента начала работы о пригодности, по мнению системы, оператора к управлению системой.

Комплексная оценка оператора до начала управления должна помочь во многом улучшить качество управления робототехническими системами как минимум двумя путями: предварительный отбор более

подходящих операторов и инициирование в системе определённых алгоритмов для адаптивной помощи оператору при управлении.

В работе для оценки операторов использованы физиологические, психофизические и генетические показатели. На основе которых удалось создать алгоритм предварительной классификации. А также на основе [3] и обработки первоначальных данных в текущей работе предварительно подтверждена гипотеза о том, что данные ВСР можно использовать для увеличения точности работы оператора непосредственно в процессе управления роботизированной системой.

Это становится основной целью дальнейшего развития данной работы. Решение задачи определения правильности переданной команды системе, с помощью анализа дополнительной медицинской информации, использованной для классификации операторов.

Зачастую не представляется возможным заранее отобрать идеального оператора, и система должна, понимая, что оператор, возможно, склонен к ошибкам, запустить алгоритм адаптивной помощи для проверки и коррекции команды оператора системе.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№19-07-01037).

Список литературы

1. Барабанщиков, В. А. Айтрекинг: Методы регистрации движения глаз в психологических исследованиях и практике / В. А. Барабанщиков, А. В. Жегалло. – М. : Когито-Центр, 2014. – 128 с.

2. Туровский, Я.А. Вариабельность сердечного ритма пользователей видеоокулографическим интерфейсом в процессе обучения управлением самоходным шасси / Я. А. Туровский, А. В. Алексеев // Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: химия. биология. фармация. – 2017. – №1. – С. 118-124

3. Оценка возможности применения видеоокулографического интерфейса в задачах управления эргатическими системами / А. В. Алексеев [и др.] // Труды Всероссийской научной конференции «цифровая трансформация в энергетике» (Тамбов, 17-18 декабря 2019 г.). – Тамбов, 2019. – С. 232-235.

4. Vapnik V., A new learning paradigm: Learning using privileged information / V. Vapnik, A. Vashist // Neural Networks. – 2009. – V.22. – P. 544-557.

5. Туровский, Я. А. Анализ движения глаз человека при управлении самоходным шасси с использованием системы видеоокулографического интерфейса / Я. А. Туровский, С. Д. Кургалин, А. В. Алексеев // Сенсорные системы. – 2017. – Т.31, № 1. – С. 51-58.

Способы распознавания текстов на разных изображениях

Х. А. Примова, email: xolida_primova@mail.ru
Р. Т. Рахимов, email: rustamjonraximov@gmail.com

Самаркандский филиал Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *В последние годы извлечение текста из изображений документов является одной из наиболее широко изучаемых тем в области анализа изображений и оптического распознавания символов. Эти извлечения изображений документов можно использовать для анализа документов, анализа содержимого, поиска документов и многого другого. Для извлечения документа из изображений мы использовали очень простой подход, основанный на алгоритме FAST. Сначала мы разделили изображение на блоки и проверили их плотность в каждом блоке. Более плотные блоки были помечены как текстовые блоки, а менее плотные – область изображения или шум. Затем мы проверяем возможность соединения блоков, чтобы сгруппировать блоки, чтобы текстовую часть можно было изолировать от изображения. Этот метод очень быстрый и универсальный, его можно использовать для обнаружения различных языков, почерка и даже изображений с большим количеством шума и размытия. В заключение, этот метод помогает более точно и менее сложно обнаруживать текст на изображениях документа.*

Ключевые слова: *FAST (Features from accelerated segment test),многоязычные документы, рукописные документы.*

Введение

В последние годы появилась тенденция к оцифровке документов. С цифровизацией мира бумажные документы необходимо преобразовать в цифровые, чтобы сделать их более удобными, доступными для поиска и для сохранения документов. Для этого используется оптическое распознавание символов. Оптическое распознавание текста можно описать как механическое или электронное преобразование сканированных изображений, при котором изображения могут быть рукописными, машинописными или печатными [2]. Более полувека ведутся исследования в этой области, и уровень распознавания символов в современном OPC превышает 99% для высококачественных документов и 90% для рукописных документов. Для устаревших

© Примова Х. А., Рахимов Р. Т., 2021

документов и книг эффективность ОРС снижается до 80%. В последнее время для извлечения текста из изображений документов использовалось множество методов. Здесь мы будем использовать очень простой подход, основанный на алгоритме точки FAST. Во-первых, мы разделяем изображение документа на более мелкие неперекрывающиеся блоки фиксированного размера.

Оптическое распознавание символов(ОРС)

Оформление работы должны строго выполняться с использованием только стилей, которые представлены в данном шаблоне. Развитие распознавания символов в последнее десятилетие является значительным, а методы обнаружения символов обширны. Достижения в области распознавания символов очевидны в оптическом распознавании символов (ОРС), классификации документов, компьютерном зрении, интеллектуальном анализе данных, распознавании форм и биометрической аутентификации [2]. Распознавание символов – это процесс классификации входящего символа по предопределенному классу символов [1]. Распознавание символов находит свое применение в идентификации текста на изображениях. Текст может быть сканированным документом или рукописным текстом.

В последние годы появилась тенденция к оцифровке документов. С цифровизацией мира бумажные документы должны быть преобразованы в цифровые для более удобного использования, поиска и сохранения документов. Для этого используется оптическое распознавание символов. Оптическое распознавание текста можно описать как механическое или электронное преобразование сканированных изображений, при котором изображения могут быть рукописными, машинописными или печатными [2]. Более полувека ведутся исследования в этой области, и уровень распознавания символов в современном ОРС превышает 99% для высококачественных документов и 90% для рукописных документов. Для устаревших документов и книг эффективность ОРС снижается до 80%. В последнее время многие организации полагаются на ОРС для повышения производительности и эффективности. ОРС может выполняться офлайн и / или онлайн. Распознавание в режиме онлайн: процессор ОРС распознает символы по мере их ввода. В автономном режиме процессор может распознавать как документ, так и рукописные символы, но распознавание в автономном режиме сильно зависит от качества отсканированных изображений [6].

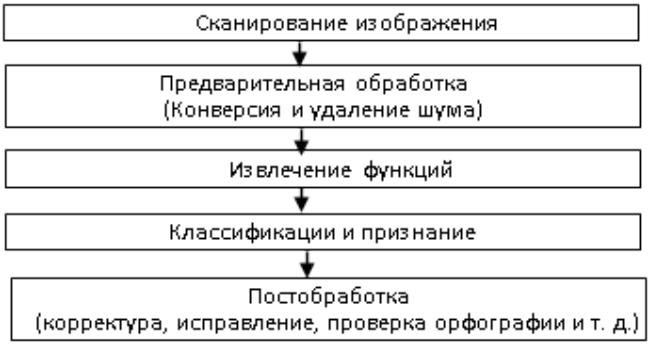


Рис. 1. Этапы OPC

OPC состоит из многих этапов, таких как сканирование изображения, предварительная обработка, сегментация, извлечение признаков, классификация и распознавание, постобработка. Задача предварительной обработки связана с удалением шума и вариаций на изображении [3]. На этапе сканирования изображение получается. Качество изображения сильно зависит от используемого сканера. В практических приложениях отсканированные изображения не идеальны, из-за некоторых ненужных деталей в изображении может присутствовать некоторый шум, который может вызвать нарушение обнаружения символов на изображении. После завершения процесса OPC необходимо выполнить несколько шагов постобработки в зависимости от приложения, например тегирование документов метаданными (автор, год и т. д.) или проверка документов для исправления ошибок распознавания текста и орфографических ошибок [4].

2. Предлагаемые работы

В предложенном подходе для извлечения документа из изображений мы использовали очень простой алгоритм FAST. Сначала мы разделили изображение на блоки и проверили их плотность в каждом блоке. Более плотные блоки были помечены как текстовые блоки, а менее плотные – область изображения или шум. Затем мы проверяем связность блоков, чтобы сгруппировать блоки, чтобы текстовая часть могла быть изолирована от изображения. Этот метод очень быстрый и универсальный, его можно использовать для обнаружения различных языков, почерка и даже изображений с большим количеством шумов. и размытие. В заключение, этот метод

помогает более точно и менее сложно обнаруживать текст на изображениях документа.

Блок-схема на рисунке 2 показывает этапы предлагаемого подхода. Подробности шагов приведены ниже.

Шаг 1: изображение сканируется и преобразуется в оттенки серого. Изображение в градациях серого может быть преобразовано в двоичное изображение. Этот процесс называется оцифровкой изображения (бинаризация). Шум возникает из-за сканера. В проекте мы использовали фильтр Гаусса. Фильтрация Гаусса используется для размытия изображений, удаления шума и удаления нежелательных деталей на изображении [8] [9].

$$G(x,y)=\frac{1}{2\pi\sigma^2}e^{\frac{x^4+y^4}{2\sigma^2}}$$

Шаг 2: угловые точки определяются алгоритмом FAST [5].

Шаг 3: разделите изображение на неперекрывающиеся блоки и рассчитайте количество угловых точек

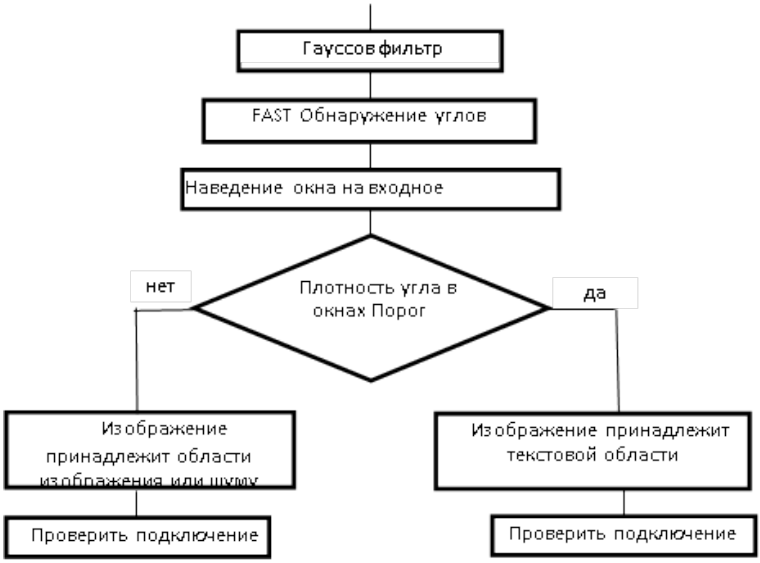


Рис. 2. Блок-схема алгоритма

Шаг 4: из блока найдите блок, который имеет максимальное количество угловых точек ($N\max$), определите порог, используя

выбранный блок, порог используется как $T = 0.2 * N \max$. (20% от максимального значения).

Шаг 5: разделите блоки, имеющие большее количество углов, чем пороговое значение, принадлежащие текстовым областям, а блоки, имеющие меньшее пороговое значение, принадлежат области изображения или фона.

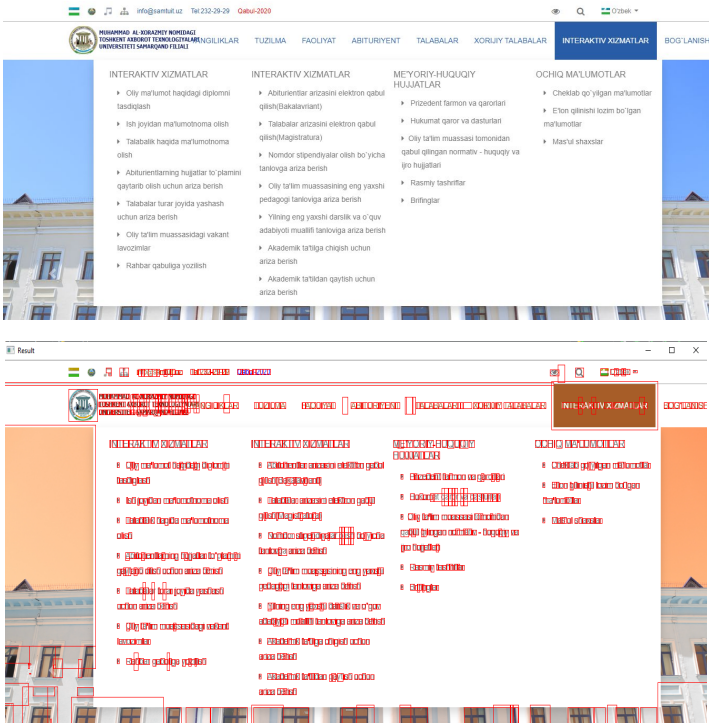


Рис. 3. Изображение узбекского документа (Исходное изображение, Обнаружение текстового изображения)

Шаг 6: после обнаружения текстовых блоков из угловой точки, проверьте возможность соединения этих блоков (8-связанных областей), чтобы восстановить текстовые области [9].

Экспериментальный результат

Формулы это простой метод с точностью и отзывчивостью более 90%, а часто в среднем 95%. Однако этот метод не очень эффективен

для шрифтов большого размера, а также для некоторых конкретных изображений, для которых углы слишком сильно реагируют.

Несмотря на эти проблемы, он быстрый (и его можно распараллеливать) и менее сложный по сравнению с другими инструментами OPC, и в будущем его можно будет улучшить.

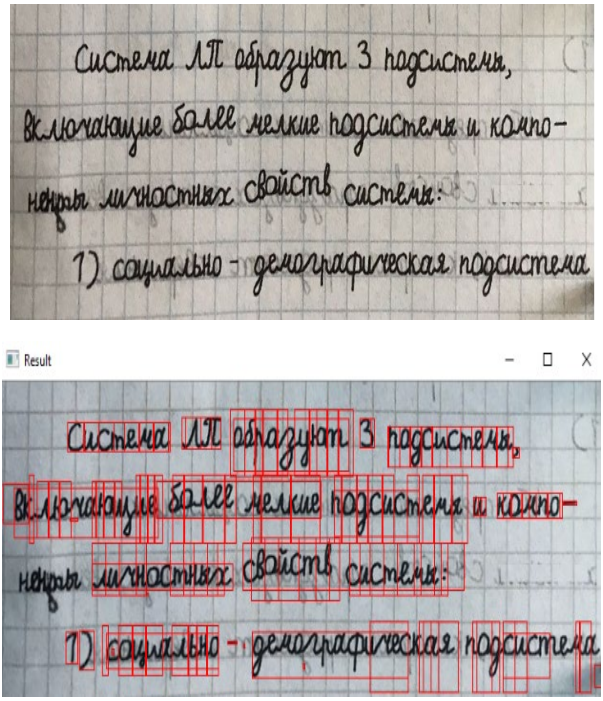


Рис. 4. Русское рукописное изображение (Исходное изображение, Обнаружение текстового изображения)

Заключение

При таком подходе мы увидели, что с помощью угловых точек на изображениях документов любого качества, ориентации или рукописных можно очень просто получить точное извлечение текста с низкими затратами и без особых параметров. Для извлечения текста из изображений мы используем очень простой подход, основанный на алгоритме FAST. Сначала мы разделили изображение на блоки и проверили их плотность в каждом блоке. Более плотные блоки были помечены как текстовые блоки, а менее плотные – область изображения или шум. Затем мы проверяем возможность соединения блоков, чтобы

сгруппировать блоки, чтобы текстовую часть можно было изолировать от изображения.

Список литературы

1. Ghai, D. Text Extraction from Document Images- A Review/ D.Ghai, N.Jain// International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) , Volume 84 – No 3, -December, -2013, pp. 40- 48.
2. Automatic license plate recognition using extracted features / Nauman Saleem [et. al] // In 4th International Symposium on Computational and Business Intelligence,September 5-7, 2016. – Olten, Switzerland, 2016. – pp. 221-225.
3. Verma, R. A Comparative Study of Various Types of Image Noise and Efficient Noise Removal Techniques / R.Verma, J.Ali // International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 3, Issue 10. – October, 2013. – pp. 617-622.
4. Pansare, S. A Survey on Optical Character Recognition Techniques / S.Pansare, Dh.Joshi // International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 3 Issue 12, December 2014, pp.1247-1249.
5. Viswanathan, Features from Accelerated Segment Test (FAST). / Viswanathan, Deepak Geetha//-2009, pp. 1-5.
6. Wang, Yao. Image Filtering: Noise Removal, Sharpening, Deblurring / Yao Wang,//EE 3414 Multimedia Communication Systems, Polytechnic University, Brooklyn, NY11201,
7. Primova, H. A. Computing fuzzy integral of the basis of fuzzy mesure/ H. A. Primova, D. M. Sotvoldiyev, R. T. Raximov, X. Bobabekova// Conference Series 1441 (1), 2020, doi: http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1441/1/012161.
8. Shalin A. Optical Character Recognition/ Shalin A.[et, al] // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering ,Vol. 3, Issue 1, January, -2014, pp. 4956-4958.
9. Junga, K. Text information extraction in images and video: a survey / K.Junga, K.I. Kim, A. K. Jain // Pattern Recognition, 37, pp. 977-997, 2004.

Потенциальная точность системы слежения за объектами датчиками различных физических полей с комплексированием наблюдений

Д. Г. Сергиенко, email: sergienkodg@yandex.ru [1]
В. И. Лютин, email: lyutin_v_i@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 синтезирован квазилинейный алгоритм и составлена структурная схема системы автоматического слежения за выбранным объектом. Установлено, что способ объединения результатов наблюдений заключается в весовом суммировании сигналов регулирования с весами, равными произведению вероятностей обнаружения объекта и вероятностей перехода в новое состояние. Анализ качества слежения показал, что совместным наблюдением несколькими датчиками с невысокими показателями качества возможно слежение за плохо видимым или преднамеренно замаскированным объектом.*

Ключевые слова: *комплексирование результатов наблюдений; теория нелинейной фильтрации; отношение правдоподобия; автоматическое слежение; обратная связь по решению.*

Введение

Всё возрастающее применение систем обеспечения безопасности мест скопления людей и техники приводит к необходимости совершенствования систем автоматического слежения за выделенными объектами различного назначения. В связи с этим актуальным является повышение точности и помехозащищённости автоматических систем слежения, что приводит к необходимости использования данных о пространственно-энергетических характеристиках объектов и фонов, получаемых различными способами при наблюдении собственных и отражённых излучений объекта и в различных участках спектра электромагнитного излучения – ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном, радиоволновом [1]. При этом изображение

© Сергиенко Д. Г., Лютин В. И., 2021

просматриваемой области пространства не интерпретируется как обычный зрительный образ, воспринимаемый человеком, а является многомерным образом, пригодным для машинного восприятия и представляющим собой добываемую всеми доступными наблюдателю средствами совокупность сведений об окружающих наблюдателя объектах [2, 3].

Цель работы – синтез алгоритма автоматического слежения за выбранным объектом с применением комплексирования известных средств слежения в различных диапазонах длин волн собственных и отражённых излучений и оценка точности автоматического слежения.

1. Синтез алгоритма автоматического слежения за целью

Автоматическое слежение за целью заключается в совмещении оптической оси комплексированной системы датчиков с линией визирования выбранного объекта. По величине углов отклонения оптической оси датчиков от линии визирования цели в вертикальной и горизонтальной плоскостях вырабатываются команды системы слежения в сторону цели.

Методом решения подобных задач, является применение теории нелинейной фильтрации, в частности, теории совместной фильтрации дискретных и непрерывных марковских процессов [3, 4, 5]. При этом характер изменений вида объекта в каждом из каналов наблюдения, обусловленный поворотами и преднамеренными видоизменениями наблюдаемого объекта, предполагается описывать дискретной 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 предполагается описывать гауссовской марковской последовательностью в дискретном времени.

Примем, что наблюдение за предварительно выбранным объектом ведётся с помощью N датчиков наблюдения (каналов), каждый из которых соответствует одному из диапазонов длин волн, а совмещение линии визирования и оптической оси нужно выполнить в одной плоскости, т.е. наблюдение зависит от многих дискретных и одного непрерывного параметров. Пусть на первом шаге наблюдения, когда человеком выбирается объект слежения, запоминаемвй всеми датчиками слежения, априорное распределение вероятностей дискретных параметров – равномерное $P\left(\mu_1^{(n)}\right) = M_n^{-1}$; где M_n – число различаемых

дискретных параметров в n-том канале наблюдения; $\mu^{(n)} = \overline{1, M_n}$ – значения дискретных параметров, определяющих вид наблюдаемого объекта в n-том канале наблюдения, $n = \overline{1, N}$. Для каждого из дискретных параметров для последующих шагов заданы одношаговые условные вероятности $\pi_n\left(\mu_k^{(n)} \middle| \mu_{k-1}^{(n)}\right)$ перехода дискретных параметров $\mu^{(n)}$ из состояния $\mu_{k-1}^{(n)}$ на $(k-1)$-том шаге в состояние $\mu_k^{(n)}$ на k-том шаге. Допустим также, что априорное рекуррентное стохастическое уравнение для изменений непрерывного параметра в дискретном времени имеет вид

$$\lambda_k = R_\lambda \cdot \lambda_{k-1} + \sigma_\lambda \cdot \sqrt{1 - R_\lambda^2} \cdot \xi_k , \qquad (1)$$

где R_λ – коэффициент корреляции между значениями параметра на соседних шагах; σ_λ^2 – априорная дисперсия параметра; ξ_k – гауссовская случайная последовательность; $\overline{\xi_k} = 0$, $\overline{\xi_k^2} = 1$, $k = 1,2\text{K}$.

В каждом канале на фоне аддитивного гауссовского шума наблюдаются последовательности изображений объекта и прилегающего фона на плоскости $\left\{ s_{ijk}^{(n)}\left(\lambda_k, \mu_k^{(n)}\right), i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, n = \overline{1, N} \right\}$ [2-3]

$$y_{ijk}^{(n)} = s_{ijk}^{(n)}\left(\lambda_k, \mu_k^{(n)}\right) + n_{ijk}^{(n)} , \qquad (2)$$

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

$$P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) = C_k \cdot \prod_{m=1}^{M_n}\left[\exp\left\{ \Pi_k\left(\lambda_k^{э}, \mu_k^{(m)}\right)\right\} \cdot \sqrt{\chi_k\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot D_k^{-1}} \times \right.$$

$$\left. \times \exp\left\{ \frac{1}{2} \cdot \chi_k\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot \left[\Pi'_{\lambda}\left(\lambda_k^{э}, \mu_k^{(m)}\right)\right]^2 \right\} \right], \; n = \overline{1, N}, \qquad (3)$$

$$\hat{\lambda}_k = \lambda_k^{э} + \sum_{n=1}^{N} \pi_n\left(\mu_{kn} \middle| \mu_{k-1n}\right) \cdot \chi_k\left(\mu_k^{(n)}\right) \cdot \sum_{m=1}^{M_n} P_{ps}\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot \Pi'_{\lambda}\left(\lambda_k^{э}, \mu_k^{(n)}\right) \qquad (4)$$

$$d_k = \sum_{m=1}^{M_n} \sum_{n=1}^{N} P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) \cdot \left[\left\{ \frac{D_k\left[\Pi'_{\lambda}\left(\lambda_k^{э}, \mu_k^{(n)}\right)\right]}{1 - D_k \cdot \overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^{э}, \mu_k^{(n)}\right)} + \lambda_k^{э} - \hat{\lambda}_k \right\}^2 + \chi_k\left(\mu_k^{(n)}\right) \right] \qquad (5)$$

где $\Pi_k\left(\lambda_k, \mu_k^{(n)}\right) = \sum_{m=1}^{M_n} \sigma_n^{-2} \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} y_{ijk}^{(n)} \cdot s_{ijk}^{(m)}\left(\lambda_k, \mu_k^{(m)}\right), \quad n = \overline{1, N}$ – логарифм функционала отношения правдоподобия параметров [4, 5, 8]; 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; $\overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^{э}, \mu_k\right) = -q_{\mu k} \cdot R''_{\lambda\lambda}\left(0, \mu_k\right)$ – сигнальная часть второй производной ЛФОП [5, 6]; $q_{\mu k}$ – отношение сигнал/шум; $R''_{\lambda\lambda}\left(0, \mu_k\right)$ – 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. Для фона принимается $\overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right) = 0$, а при принятии решения о фоне $P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right)_{\mu=фон} = \max$.

При высоком отношении сигнал/шум, когда $D_k^{-1} << \overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)$, дисперсия оценки непрерывного параметра асимптотически равна [2]

$$d_k \cong \sum_{m=1}^{M_n}\sum_{n=1}^{N} P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) \cdot \frac{1}{-\overline{\Pi}''_{\lambda\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)}. \qquad (6)$$

Данное выражение определяет минимальное значение дисперсии оценки непрерывного параметра, соответствующее границе, задаваемой неравенством Рао-Крамера.

Минимальные значения величин $\chi_k\left(\mu_k^{(n)}\right)$ при высоком отношении сигнал/шум асимптотически 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 рекуррентного оценивания непрерывного параметра (4) принимает вид

$$\hat{\lambda}_k = \lambda_k^э + \sum_{n=1}^{N} \kappa_n \cdot \pi_n\left(\mu_{kn} \middle| \mu_{k-1n}\right) \cdot \sum_{m=1}^{M_n} P_{ps}\left(\mu_k^{(m)}\right) \cdot \Pi'_{\lambda}\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(m)}\right). \qquad (7)$$

Апостериорные вероятности дискретных параметров равны [7]

$$P_{ps}\left(\mu_k^{(n)}\right) \cong \exp\left\{\Pi_k\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(n)}\right)\right\} \cdot \left[\sum_{m=1}^{M_n} \exp\left\{\Pi_k\left(\lambda_k^э, \mu_k^{(m)}\right)\right\}\right]^{-1}, \quad n = \overline{1, N} \qquad (8)$$

.

Вычисление оценки непрерывного параметра выполняется в виде весовой суммы производных от ЛФОП, определяющих сигналы управления поворотом системы слежения за объектом в каждом из каналов, с весами, равными апостериорным вероятностям обнаружения объекта в различных физических полях. Учёт вероятностей перехода для дискретных параметров позволяет отселектировать быстрые изменения изображения объекта, каковых не может быть в силу инерционности объекта. Тем самым обеспечивается помехозащищённость алгоритма слежения [6, 7]. Заметим, что данный вывод получен объективно в результате синтеза, а не эвристически.

На рис. 1 приведена структурная схема системы автоматического слежения с комплексированием наблюдений в различных диапазонах длин волн.

На рисунке обозначено: $ДИ_n$, $n = \overline{1, N}$ – датчики изображений; ГПП – гиростабилизированная поворотная платформа; $БД_n$ – блоки дискриминаторов; $БЭ_n$ – банки эталонных изображений; $БАВ_n$ – блоки апостериорных вероятностей; Σ – сумматоры; Э – экстраполятор.

Отличительная особенность синтезированной структурной схемы заключается в её замкнутости, как системы автоматического регулирования с обратной связью по решению, чего не удаётся получить, используя теорию оценивания непрерывных параметров [5]. 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, или если объект обнаружен с высокой вероятностью как неожиданно быстро переместившийся за счёт маловероятности быстрых переходов.

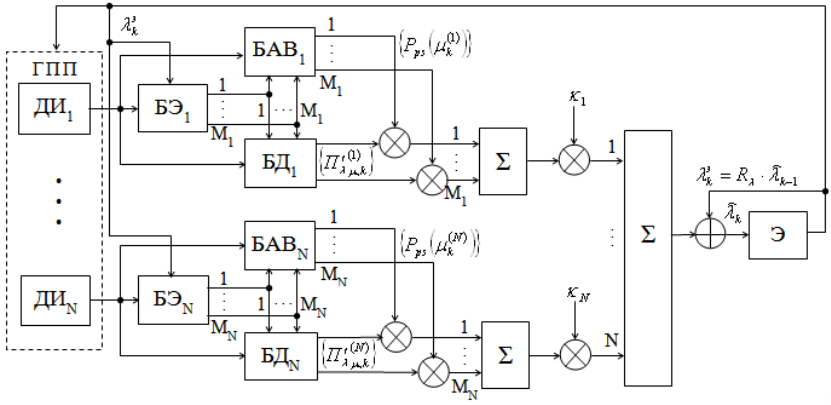


Рис. 1. Структурная схема комплексированной системы автоматического слежения

2. Анализ точности автоматического слежения

Аналитическое решение задачи оценки точности автоматического слежения возможно получить при условии, что в каждом из каналов наблюдается объект с плановой проекцией в виде прямоугольника с постоянным контрастом на равномерном фоне и обнаруживается с

вероятностью P_n, определяемой выражением (3), которое в этих условиях приводится к виду [2, 3, 9].

$$P_n = 0{,}5 - \Phi_0\left(\Phi_0^{-1}\left(F - 0{,}5\right) - q_n\right), \quad n = \overline{1, N}, \tag{9}$$

где $\Phi_0(q) = \left(2\sqrt{\pi}\right)^{-1} \int_0^q \exp\left\{-t^2/2\right\} dt$ – нормированная функция ошибок [9], F – вероятность ложной тревоги.

Для комплексированной системы датчиков параметр обнаружения объекта равен [8]

$$q = \sum_{n=1}^{N} q_n, \tag{10}$$

где q_n – отношение сигнал/шум в n-м канале.

Вероятность обнаружения объекта комплексированной системой датчиков изображений P определяется подстановкой (10) в (9).

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 линии визирования от оптической оси при отсутствии слежения и дальности наблюдения L, примет вид [2, 3]

$$\delta_k^2 = P \Big/ \left\{\left[1 + R_\lambda^2 \cdot \left(\delta_{k-1}^2 - 1\right)\right]^{-1} + z\right\} + (1 - P) \Big/ \left[1 + R_\lambda^2 \cdot \left(\delta_{k-1}^2 - 1\right)\right]^{-1} \tag{11}$$

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 30 Гц соответствует времени 0,1…0,3 сек.

Вероятность удержания оптической оси комплексированной системы слежения в пределах видимой проекции объекта равна [9]

$$P_c = \left[0{,}5 - \Phi_0\left(\Delta\phi_g \big/ \left(\sigma_\lambda \cdot \delta\right)\right)\right] \cdot \left[0{,}5 - \Phi_0\left(\Delta\phi_v \big/ \left(\sigma_\lambda \cdot \delta\right)\right)\right]. \tag{12}$$

где $\Delta\varphi_g, \Delta\varphi_v$ – угловые размеры видимой проекции объекта; δ – стационарное решение уравнения (9).

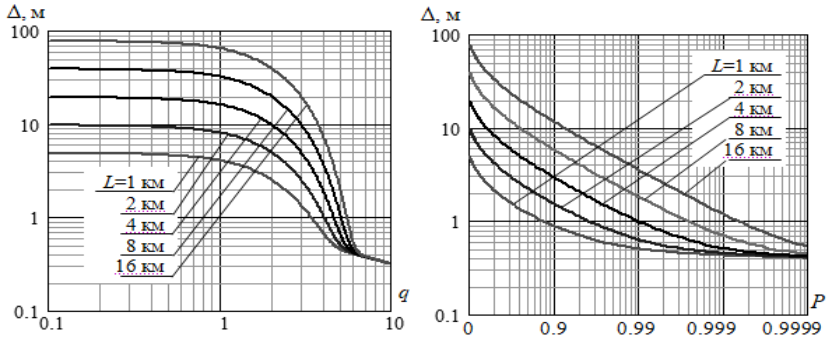
Если для одного из каналов известна вероятность обнаружения объекта P_N, то из выражения (9) при вероятности ложной тревоги F_N

определяется параметр обнаружения, используемый при расчёте точности слежения

$$q_N = \Phi_0^{-1}(F_N - 0{,}5) - \Phi_0^{-1}(0{,}5 - P_N). \qquad (13)$$

На рис. 2. приведены графики зависимостей ошибок системы слежения 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 (11) принято, что α_0=5 мрад, R_λ=0,99, F=0,01.

Увеличение параметра обнаружения объекта более 7 в рассматриваемом случае не приводит к снижению ошибок слежения, следовательно, ухудшение условий наблюдения объекта в каждом из каналов парируется увеличением числа каналов наблюдения [6, 7]. Поэтому для сохранения работоспособности комплексированной системы датчиков, необходимо всемерно повышать параметр и вероятность обнаружения каждым из датчиков.



а б

(а) зависимость ошибки слежения от параметра обнаружения объекта; б) зависимость ошибки слежения от вероятности обнаружения объекта

Рис. 2. Зависимости ошибок слежения при различных дальностях наблюдения

Заключение

Оптимальный способ объединения результатов наблюдения объекта в замкнутых комплексированных системах автоматического слежения заключается в формировании единого сигнала управления поворотом совмещённой оптической оси вслед за объектом как

результата весового суммирования сигналов рассогласований, вырабатываемых каждой из систем наблюдения. В качестве весовых коэффициентов используются произведения вероятности обнаружения объекта и вероятности перехода состояний объекта, что является обратной связью по решению. Установлено, что в системах автоматического слежения всегда можно определить минимальное значение параметра обнаружения, при котором точность слежения не зависит от дальности наблюдения объекта. Высокое качество слежения достигается за счёт увеличения числа каналов наблюдения с невысокими показателями качества, что является проявлением синергетического эффекта: совместным наблюдением нескольких датчиков с невысокими показателями качества возможно слежение за плохо видимым или преднамеренно замаскированным объектом, чего не удаётся достичь применением одного высококачественного датчика.

Список литературы

1. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации : / М. С. Ярлыков – М. : Радио и связь, 1985. – 345 с.
2. Лютин, В.И. Потенциальная точность самонаведения беспилотных летательных аппаратов с комплексированием наблюдений в различных физических полях / В.И.Лютин, Е.Н.Десятирикова Е.А.Почепцов // Материалы XX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». 13-14 февраля 2020 г. – С.144-155.
3. 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.
4. Амиантов, И. Н. Избранные вопросы статистической теории связи : / И. Н. Амиантов – М. : Советское радио, 1971. – 416 с.
5. Тихонов, В. И. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный приём сигналов / В .И. Тихонов, Н. К. Кульман. – М.: Советское радио, 1976. – 704 с.
6. Евдокимов, В. И. Высокоточное оружие и борьба с ним : / В. И. Евдокимов – СПб. : Издательство «Лань», 2013. – 496 с.
7. Юхно, П. М. Преднамеренные оптические помехи высокоточному оружию : / П. М. Юхно ; – Издательство: Радиотехника, 2017. – 640 с.
8. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции : / Г. Ван Трис ; М. : Советское радио, 1972. – Т. 1 – 742 с.
9. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учеб. для вузов. / Е. С. Вентцель. – 11-е изд. стер. – М. : КНОРУС, 2010. – 664 с.

Метод автоматического синтеза панорамных изображений

Л. В. Серебряная, email: l_silver@mail.ru
А. И. Простаков, email: andrewprostakov@gmail.com

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Работа посвящена синтезу панорам из отдельных изображений. Для этого применяется технология компьютерного зрения. Анализ и обработка изображений выполняются с использованием особых точек. Изложены особенности этапов построения панорам, а также математические модели и методы, положенные в их основу. Предложены алгоритмы регистрации сегментов изображений и сравнения сегментов. Создано программное средство, предназначенное для автоматического синтеза панорам.*

Ключевые слова: *компьютерное зрение, панорама, изображение, сегмент, особые точки, дескриптор, склейка изображений.*

Введение

Работа посвящена построению панорамных изображений. Это представление пространства с большими углом и глубиной обзора. Панорамы удобно использовать для наглядного отображения пространств со множеством деталей. Существует особый вид панорам, позволяющих создавать виртуальные трехмерные сцены, что может найти применение в различных областях и сферах жизни.

Большинство панорам имеют вид фотографий. Объективы фотоаппаратов или камер ограничены в охвате углов обзора, вследствие чего они неспособны отразить всю требуемую картину. Поэтому при съемке создают набор фотографий с различными углами поворота камеры, а затем фотографии обрабатывают и объединяют в панораму.

Процесс пост-обработки изображений может выполняться разными способами, которые делятся на ручные и автоматизированные. Каждый вид методов имеет как достоинства, так и недостатки. Ручной способ оказывается более медленным и трудоемким, но дает качественный результат. Автоматизированный – быстрый, но при нем может пострадать качество. Поэтому необходим баланс между ручными и автоматизированными действиями в ходе построения панорам.

Для автоматизации построения панорам удобно использовать технологию компьютерного зрения [1]. Она позволяет получать

© Серебряная Л. В., Простаков А. И., 2021

информацию из изображений и обрабатывать ее. Обработка изображений связана с построением трехмерных сцен на основе двумерных объектов.

В алгоритмах построения трехмерной структуры пространства используется понятие «особые точки» или «характерные точки». Это точки изображения, обладающие высокой локальной информативностью. Обычно выделение характерных точек является начальным этапом работы любой системы компьютерного зрения. Основным преимуществом использования особых точек считается относительная простота и скорость их обнаружения. К характерным точкам предъявляют ряд требований в виде их свойств: инвариантности, стабильности, уникальности, интерпретируемости.

Обзор программных средств (ПС) Photoshop, Image Composite Editor, PTGui, Autopano Pro и Autopano Giga, предназначенных для построения панорамных изображений, позволил оценить их преимущества и недостатки, а также сделать соответствующие выводы. Все рассмотренные приложения имеют схожие принципы использования и требования к исходным изображениям, такие как:

- доля перекрытий изображений должна быть приблизительно 20-60%;
- фото выполняются из одной точки расположения камеры методом поворота вокруг фиксированной оси;
- фото имеют одинаковый уровень яркости.

Следовательно, во всех ПС применяются схожие методы объединения и обработки изображений. Значит актуальной задачей является поиск методов построения панорам, которые позволят полностью или частично устранить вышеперечисленные ограничения.

1. Модели и методы, положенные в основу синтеза панорам

Фактически панорамное изображение синтезируется в результате объединения нескольких исходных изображений (сегментов). Процесс построения панорам состоит из трех этапов: регистрации, калибровки, сочетания. Каждый из них имеет специфические проблемы и методы их решения [2].

Регистрация подразумевает анализ исходных сегментов панорамы. Этот этап пропускается при использовании метода прямой подгонки. Калибровка – соотнесение сегментов друг с другом. Сочетание – объединение или склейка сегментов в одно изображение и ликвидация признаков выполненной процедуры.

Одной из фундаментальных операций при склейке изображений является их пространственное преобразование. Исходные сегменты представляют собой проекции некоторой сцены на плоскость объектива

в разных позициях, углах наклона и поворота. Сегменты не хранят подобную информацию, однако её наличие является необходимым условием для воссоздания сцены в виде панорамы. В этом контексте задачу объединения можно выразить как нахождение такого преобразования для каждого сегмента, которое позволит корректно разместить его на панораме.

Обработка изображений выполняется на основе их локальных особенностей, которые связаны с особыми или характерными точками. Необходимым свойством особенности является стойкость к преобразованиям.

В основу алгоритма поиска особых точек положен метод SIFT [3]. Это алгоритм для детектирования и описания локальных особенностей изображения. SIFT способен точно идентифицировать объекты в сложных ситуациях, например, при перекрытии. Дескриптор SIFT полностью инвариантен к вращению и масштабированию, частично – к аффинным преобразованиям и смене освещения. Особые точки определяются путем построения пирамиды масштабов для каждого изображения и нахождения локальных экстремумов интенсивности их пикселей. Затем точки последовательно уточняются. В результате дескриптор имеет вид вектора. После описания особенностей каждого сегмента выполняется процедура их сравнения, имеющая целью нахождение совпадений и вычисление соответствующих им преобразований.

Рассмотрим математическую модель, относящуюся к перечисленным действиям. Сначала строится пирамида масштабов изображения при помощи фильтра Гаусса. Это широко применяемый фильтр сглаживания, определяемый формулой

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \qquad (1)$$

где x и y – координаты текущего пикселя относительно сглаживаемого (ядра размытия); σ – коэффициент стандартного отклонения.

Из значений функции $G(x,y)$ образуется матрица свертки, налагаемая на окрестность изменяемого пикселя:

$$I(x,y) = \sum_{dx,dy} I(x+dx, y+dy) * G(dx,dy). \qquad (2)$$

Для обеспечения максимальной точности матрица свертки должна покрывать всё изображение, однако, ввиду специфики функции Гаусса, вклад наиболее удаленных пикселей практически равен нулю по

сравнению со вкладом ближайших, поэтому величину матрицы обычно ограничивают длиной стороны, равной 6σ.

Для нахождения особых точек на основе исходного изображения строится пирамида гауссианов, а затем – пирамида разностей гауссианов (DoG, Difference of Gaussian). Подобная операция позволяет локализовать градиенты интенсивности по их модулям или разбивать изображение на частотные составляющие. Одним из применений разностей гауссианов является выделение граней на картинке. Также они позволяют определять особые точки по их частотным свойствам. Таким образом, построенная пирамида DoG служит для поиска локальных экстремумов значения разности. Не все из найденных точек пригодны в роли особых. Для отбора каждая из них пропускается через ряд проверок. Предварительно следует уточнить координаты каждой точки, так как при масштабировании они получают некоторое отклонение. Для этого применяется интерполяция функции DoG в виде квадратичного многочлена Тейлора с ядром в точке экстремума. Если значение функции интерполяции $D(x)$ в точке x меньше 0,03, точка характеризуется низкой величиной контраста и отбрасывается.

Следующая проверка ликвидирует точки на гранях объектов. Подобные точки являются ярко выраженными экстремумами функции DoG, однако они весьма чувствительны к шумам. Граничные точки характеризуются тем, что взаимно перпендикулярные градиенты в них значительно различаются по величине. Это определяется при помощи матрицы Гессе, с помощью которой решается, будет ли отбракован рассматриваемый экстремум.

Оставшиеся уточненные экстремумы считаются особыми точками.

Дескриптор особой точки обеспечивает её стойкость к различным преобразованиям, например, к вращению и масштабированию. Для построения дескриптора необходима операция по вычислению компонентов градиента произвольной точки:

$$m(x,y) = \sqrt{\big(L(x+1,y) - L(x-1,y)\big)^2 + \big(L(x,y+1) - L(x,y-1)\big)^2}, \qquad (3)$$

$$\theta(x,y) = tg^{-1}\frac{L(x+1,y) - L(x-1,y)}{L(x,y+1) - L(x,y-1)}, \qquad (4)$$

где $L(x,y)$ – значение гауссиана с фиксированным значением σ; m – величина градиента; θ – его направление.

Сначала определяется окрестность точки, образующая дескриптор. Затем строится дескриптор, представляющий собой массив из 128 чисел.

После того, как получен набор особых точек для исходных сегментов, необходимо соотнести их между собой оптимальным образом.

Высока вероятность нахождения случайных пар ключевых точек, которые приведут к конфликту при вычислении трансформации. Во избежание таких ситуаций используется алгоритм RANSAC [4]. Результат работы RANSAC – достоверный оператор преобразования координат, определяющий положение одного сегмента панорамы относительно другого. Параметры преобразования могут быть уточнены.

При склейке изображений часто образуются области перекрытия, не совпадающие на 100%. Чтобы шов был незаметен, стараются так подобрать сегменты с изображениями, чтобы разность между пикселями смежных сегментов была минимальной. В случае появления небольшого шума он легко ликвидируется с помощью медианного пространственного фильтра. Еще одна задачи – это отображение панорамы на плоскость изображения. При проецировании сферического изображения на плоскую поверхность неизбежны искажения. При малых углах обзора они будут практически незаметны, а при больших углах искажения значительны, что может вызывать неудобство восприятия изображений. Решением данной проблемы является применение различных видов проецирования на двухмерную плоскость [5].

2. Алгоритмы построения панорам

Регистрация сегментов. В ходе проведенных теоретических исследований были проанализированы алгоритмы, позволяющие сравнивать несколько изображений и объединять их в панораму. При этом остались еще не решенные вопросы. Один из них – каким образом связи между парами сегментов преобразуются в связи сегментов с общей панорамой. Наиболее часто для ответа на данный вопрос применяются два метода: аккумулирующая регистрация и регистрация с помощью распределения общей ошибки.

Под ошибкой здесь понимается разница между корректным и вычисленным расположением сегмента в контексте всей панорамы. Первый из методов имеет существенный недостаток, заключающийся в последовательном накоплении ошибки, которое в итоге может сильно исказить результат. Второй метод абстрактен и имеет недостаточное количество примеров конкретных реализаций. Следовательно, необходима доработка и приспособление вышеуказанных методов.

В работе использован метод глобальной регистрации сегментов, основанный на аккумулирующем подходе. Его отличие состоит в том,

что связи между изображениями представляют собой не линейную цепь, а структуру данных типа «дерево». Регистрация сегментов осуществляется рекурсивно, начиная с корня дерева, и далее по всем его потомкам. Таким образом, ошибка при вычислении расположения каждого сегмента зависит не от всех вышерасположенных элементов, а только от стоящих на пути от корня дерева к нему. Это позволяет строить дерево, используя те связи между сегментами, которые характеризуются наименьшим значением ошибки. На практике ошибка напрямую зависит от схожести сегментов, т.е. величины их перекрытия и особенностей области перекрытия. Чем более схожи изображения, тем точнее определяются между ними связи.

Генерация панорамы возможна сразу после получения исходных изображений. Необходимой информацией для генерации являются оценки схожести сегментов. Когда все отношения определены, начинается процесс создания дерева. Ошибка при выводе каждого сегмента зависит от суммарной ошибки его связи с корнем дерева. Следовательно, целесообразно выбрать корнем тот сегмент, который характеризуется наибольшей степенью схожести с другими сегментами.

Далее осуществляется переход к построению второго уровня дерева. Для этого среди всего множества еще не зарегистрированных в панораме сегментов выбираются те, для которых корень является наиболее схожим сегментом. Они напрямую связываются с корнем и для каждого вычисляется ошибка. Все последующие сегменты будут зависеть от ошибок этих связей. Для каждого полученного элемента второго уровня иерархии выполняется та же операция, что и для корня – поиск и присоединение ближайших сегментов. Процесс построения дерева продолжается до тех пор, пока имеются незарегистрированные сегменты для добавления в иерархию.

Сравнение сегментов панорамы. Для работы процедуры генерации панорамы необходимыми данными являются оценки схожести всех исходных изображений. От фактической схожести сегментов зависит точность их объединения в панораме. Следовательно, процедуры сравнения двух сегментов и определения трансформации между ними должны быть связаны между собой.

Как уже было определено, каждый сегмент панорамы задается конечным множеством особых точек, которые находятся с помощью метода SIFT. По этим точкам определяются локальные особенности каждого изображения. Если сегменты имеют схожие особенности, то делается вывод о присутствии на них одного или схожих объектов, и, следовательно, о схожести самих сегментов.

В ходе попарного сравнения всех сегментов для каждой точки одного из них находится наиболее схожая с ней точка на другом изображении методом поиска ближайшего соседа. Все пары «соседей» запоминаются и сортируются по величине расстояния между собой. Метрика расстояния между точками выбрана таким образом, чтобы пары, описывающие один объект на двух изображениях, имели минимальное расстояние. Тогда среди упорядоченного множества пар можно выделить те, которые с наибольшей вероятностью представляют общую часть двух изображений. Все результаты метода SIFT сохраняются для дальнейшего использования в процедуре генерации панорамы.

Для преобразования одной группы точек в другую и объединения сегментов использован метод RANSAC.

3. Программное средство построения панорам

Разработанные алгоритмы были положены в основу создания ПС построения панорам на основе отдельных изображений.

Существуют общепринятые рекомендации по подбору изображений для их объединения в панораму. Все изображения должны быть связаны между собой перекрывающимися областями. Если используемые изображения – фотографии, то они должны иметь как можно более близкие значения баланса белого цвета. В идеальном случае – это фотографии объектов, сделанные из одной точки, так минимизируются искажения.

На рис. 1 приведены примеры изображений, из которых будет строиться панорама.



Рис. 1. Отдельные изображения для построения панорамы

На рис. 2 показана синтезированная панорама. Качественная панорама сохраняется, а дефектная – исправляется. Для этого выбираются сегменты и исправляются связи между ними, поскольку изображения склеиваются посредством связей.

Если на результирующем изображении будут присутствовать значительные дефекты от склейки сегментов панорамы, то можно исправить результат. Чаще всего дефекты являются следствием неверного порядка следования сегментов или их неточной склейки. Некачественное изображение можно удалить из панорамы, после чего перезапустить процесс ее генерации из других сегментов.



Рис. 2. Синтезированное изображение

Заключение

Были изучены технологии компьютерного зрения и обработки изображений. Проанализированы прикладные ПС, предназначенные для решения задач, схожих с задачами данной работы, а также используемые в них модели и методы. В результате для построения панорам были выбраны наиболее подходящие модели и алгоритмы.

Создано программное средство, получающее в качестве исходных данных изображения и синтезирующее из них панорамы. Эффективные математические методы и алгоритмы позволяют использовать изображения с различными соотношениями сторон, углами наклона и масштабами. Величина областей перекрытия, разница в цветовой гамме и в искажении определяют качество созданной панорамы, однако их можно корректировать с помощью программного средства.

Результаты работы, полученные в ходе ее выполнения, показывают, что все задачи решены и цель достигнута.

Список литературы

1. Основы стереозрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/130300/

2. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Image_stitching

3. Habrahabr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://habrahabr.ru/post/106302/

4. Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Random_sample_consensus

5. Cambridge in Colour [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-projections.htm

Построение логических моделей опасных состояний комплексов средств автоматизации автоматизированных систем

О. В. Сидельников, email: olegvsk@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
им. генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *Рассмотрен способ построения логических моделей опасных состояний комплекса средств автоматизации (КСА) автоматизированных систем (АС) на основе метода логического вывода. Распознавание опасных состояний КСА сводится к логическому выводу, т.е. к выбору значений целевого признака, не вступающих в противоречие с системой, обнаруживаемых на этапе обучения закономерностей.*

Ключевые слова: *опасное состояние, комплексы средств автоматизации автоматизированных систем, логические модели.*

Введение

Опасное состояние КСА АС – это синоним чрезвычайного состояния, при котором возник ущерб «большого» масштаба [1]. Низкая своевременность обнаружения опасных состояний КСА АС, выхода контролируемых параметров за пределы допустимых значений, выхода из строя одного элемента или нескольких элементов системы может повлечь отказ всей системы. Отказ всей системы может развиться за достаточно короткий промежуток времени, что может вызвать развитие опасной ситуации.

Проблемы анализа состояния надежности и безопасности, своевременность выявления перехода в опасное состояние АС рассмотрены в трудах Дружинина Г.В., Ушакова И.А., Можаева С.А., Рябинина И.А., Острейковского В.А., Швыряева Ю.В. и др. В данных работах рассматриваются фундаментальные основы логико-вероятностного анализа безопасности и надежности объектов мониторинга АС, аналитические и графические формы представления опасного состояния системы [1, 2].

1. Опасное состояние КСА АС

В статье [3] рассмотрена адаптация метода логического вывода закономерностей состояний информационно-телекоммуникационных

© Сидельников О.В., 2021

систем (ИТКС). Автор предлагает основывать классификацию сигнатур опасных состояний КСА АС в булевом пространстве признаков на предварительном построении «области запрета», описываемой посредством дизъюнктивной нормальной формы (ДНФ) с конъюнкциями ограниченного ранга. Данные конъюнкции задают запретные интервалы в булевом пространстве и интерпретируются как импликативные закономерности. Простота этой закономерности оценивается числом переменных, входящих в нее, т.е. рангом конъюнкции, а мощность – объемом области запрета. Распознавание опасных состояний основано на решении задачи реконструкции множества «реальных» объектов, подчиняющегося определенным импликативным закономерностям по его случайной выборке. Распознавание опасных состояний КСА сводится к логическому выводу, т.е. к выбору значений целевого признака, не вступающих в противоречие с системой, обнаруживаемых на этапе обучения закономерностей.

2. Построение логических моделей опасного состояния комплексов средств автоматизации

Описание возможного сценария опасных состояний (СОС) КСА АС в процессе его функционирования представляет наибольшую трудность при исследовании безопасности. Описание СОС не имеет алгоритма и является творческим процессом. В логико-вероятностной теории безопасности СОС осуществляется с помощью логической функции опасности системы (ФОС), аргументами которой выступают инициирующие события (ИС) и условия, в качестве которых могут быть короткие замыкания в электросети, разряды молнии, искрение электрооборудования, сварочные работы, диверсионные акты, отказы, нарушения правил эксплуатации, ошибки операторов, деструктивные воздействия, в том числе, заключительная фаза компьютерной атаки, различные повреждающие воздействия и иные причины, приводящие к чрезвычайной ситуации [1,2]. На основании СОС с помощью кратчайших путей опасного функционирования (КПОФ) либо с помощью минимальных сечений предотвращения опасности составляется логическая ФОС.

КПОФ – это конъюнкция инициирующего события (y_i), ни одну из компонент которой нельзя изъять, не нарушив опасного функционирования системы. Функция алгебры логики (ФАЛ) этой конъюнкции имеет вид (формула 1).

$$\Phi_i = \bigwedge_{i \in K_{\Phi_i}} y_i \qquad (1)$$

где K_{Φ_i} – множество номеров ИС, соответствующих данному i-му КПОФ.

Следовательно, КПОФ описывает один из возможных вариантов попадания системы в опасное состояние с помощью минимального набора ИС, абсолютно необходимых для его осуществления, т.е. данного варианта опасного состояния системы [2]. Аналитические и графические формы представления опасного состояния системы, СОС, структурные модели систем в виде схем подробно рассмотрены в работах [1,2].

Рассмотрим способ построения логических моделей опасного состояния КСА АС на основе выявления целевого признака класса опасных состояний на основе поиска импликативных закономерностей в форме конъюнкций ограниченного ранга.

Шаг 1. Формирование пространства признаков.

Допустим, предметами мониторинга параметров сетевого трафика ЛВС КСА АС служат объекты некоторые класса (сетевые пакеты протокола IP), моделируемые в булевом пространстве признаков $x_1,x_2,...,x_n$.

Для мониторинга опасных состояний КСА АС построим матрицу информативности признаков опасных состояний. Логические переменные описывают параметрами инициирующего состояния (значение «1» соответствует появлению инициирующего события; значение « 0 » соответствует отсутствию инициирующего события).

Поиск закономерностей опасных состояний КСА АС будем осуществлять в форме конъюнкций. На практике используют различные эвристики для сокращённого целенаправленного поиска конъюнкций, близких к оптимальным. Идея всех этих методов заключается в том, чтобы не перебирать огромное количество заведомо не информативных предикатов [4].

Шаг 2. Построение модели исследуемого класса в алгебраической форме в виде ДНФ запрета.

При рассмотрении булевых функций с большим числом переменных описанные способы приведут к слишком громоздким таблицам и матрицам. В этих случаях более практичным окажется алгебраический способ представления, когда булева функция записывается формулой, задающей некоторую суперпозицию достаточно простых и имеющих специальные обозначения функций, которые образуют базис алгебраического представления.

Элементами булевой алгебры являются булевы константы, булевы переменные и булевы функции. Булевых констант всего две, и их

принято обозначать через 0 и 1. Значениями булевых переменных могут служить только булевы константы. Булевы функции, называемые иногда ФАЛ, также принимают значения из множества $\{0,1\}$. Аргументами булевых функций являются булевы переменные. Будем полгать, что их число всегда конечно. Комбинации значений булевых переменных $x_1,x_2,...,x_n$ называют наборами. Множество наборов образуют булево пространство M, содержащее 2^x элементов. Наборы будем рассматривать как булевы векторы, в которых последовательно перечисляются значения переменных. Например, вектор 111010 задает следующую комбинацию значений переменных: $x_1 = 1$, $x_2 = 1$, $x_3 = 1$, $x_4 = 0$, $x_5 = 1$, $x_6 = 0$. Чтобы задать булеву функцию, надо определить ее значения на всех наборах, тогда функция будет полностью, или всюду, определена. Мы будем рассматривать в основном именно такие функции. Случаи, когда значения функции определены лишь на некоторых наборах называются не полностью, или не всюду, определенными. Простейшим способом задания булевой функции является табличный, при котором строится таблица всех наборов и соответствующих им значений функции. Можно ограничиться перечислением лишь тех наборов, на которых булева функция f принимает значение 1. Множество таких наборов называется характеристическим множеством функции f и обозначается через M_f. Это представление более компактно, особенно в тех случаях, когда мощность (для конечного множества – число элементов) множества M_f относительно невелика. Множество M_f удобно представлять при этом в форме булевой матрицы, строками которой служат отдельные элементы из M_f. Назовем этот способ задания булевой функции поэлементным. При рассмотрении булевых функций с большим числом переменных описанные способы приведут к слишком громоздким таблицам и матрицам. В этих случаях более практичным окажется алгебраический способ представления, когда булева функция записывается формулой, задающей некоторую суперпозицию достаточно простых и имеющих специальные обозначения функций, которые образуют базис алгебраического представления. Наиболее известен и во многих отношениях удобен булев базис, состоящий из одноместной функции «отрицание» ($\neg x$, или $\overline{x}$) и двуместных функций «конъюнкция» и «дизъюнкция». Эти функции, называемые также функциями НЕ, И и ИЛИ соответственно. Конъюнкция и дизъюнкция

являются коммутативными и ассоциативными операциями, что означает выполнение равносильностей: $x_1x_2 = x_2x_1$, $x_1 \vee x_2 = x_2 \vee x_1$, $(x_1x_2)x_3 = x_1(x_2x_3)$, $(x_1 \vee x_2) \vee x_3 = x_1(x_2 \vee x_3)$. Это позволяет ввести в рассмотрение соответствующие многоместные функции: дизъюнкцию $x_1 \vee x_2 \vee ... \vee x_k$ принимающую значение 1 тогда и только тогда, когда хотя бы один из аргументов примет значение 1, и конъюнкцию, принимающую значение 1 в том и только том случае, если все аргументы примут это значение. Многоместная конъюнкция различных переменных, когда некоторые из них могут быть заменены их отрицаниями, называется элементарной конъюнкцией (минтерм). Элементарная дизъюнкция (макстерм) образуется дизъюнкцией конечного множества логических переменных (аргументов) и их отрицаний. Число аргументов, образующих элементарную конъюнкцию или дизъюнкцию, является её рангом. Если логическая функция представлена через инверсию, конъюнкцию и дизъюнкцию, то такая форма ее представления называется нормальной. Любая булева функция может быть представлена в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ), из чего следует полнота системы функций, образующих булев базис, т.е. возможность представления суперпозициями этих функций любых булевых функций. При использовании аналитических форм представления логических функций используется принцип суперпозиции, заключающийся в замене одних аргументов данной функции другими. Существует простой способ перехода от табличной формы представления булевой, функции к частному случаю ДНФ, а именно к совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ), в которой все элементарной конъюнкции должны быть полными. Члены СДНФ получаются из элементов характеристического множества M_f путем замены их компонент символами соответствующих переменных и простановки знаков отрицания над символами переменных, принимающих в рассматриваемом наборе значение 0. Например, $M_f = \{000,001,101\}$, то СДНФ функции f представляется выражением $x_1\overline{x_2}\overline{x_3} \vee \overline{x_1}\overline{x_2}x_3 \vee x_1\overline{x_2}x_3$.

Представим каждую элементарную конъюнкцию рассматриваемой ДНФ троичным вектором, компоненты которой получают значения «$-$», «0», «1». Символ «$-$» является символом неопределенности. Интерпретируем этот вектор как множество двоичных векторов, которые можно получить из него заменой значений «$-$» всевозможными комбинациями нулей и единиц, данное множество,

называемое интервалом булева пространства M, оказывается характеристическим множеством рассматриваемой элементарной конъюнкции. В множество M попадают $2k$ наборов, где k – число значений «–» в троичном векторе, или, что то, же самое, число переменных, символы которых отсутствуют в рассматриваемой элементарной конъюнкции. Характеристическое множество булевой функции, представленной некоторой ДНФ, оказывается равным объединению всех интервалов, соответствующих элементарным конъюнкциям, входящим в состав данной ДНФ. Элементарная конъюнкция $\overline{x_1}x_4x_6$ представляется троичным вектором $0--1-1$ (полагаем $n=6$), которое можно представлять сжатое представление множества, образованного наборами 000101, 000111, 001101, 001111, 010101, 010111, 011101, 011111, легко получаемого из вектора $0--1-1$. Подставляя вместо «–» произвольные комбинации нулей и единиц, получаем все элементы интервала. Поэтому множество рассматриваемого типа называется интервалом.

Булевы функция, заданная посредством ДНФ $(\overline{x_1}x_3\overline{x_4} \vee x_2x_3 \vee x_1x_2x_4)$ может быть отображена троичными векторами, объединение этих интервалов приведет к характеристическому множеству данной функции, упорядочив его $\{0110,0111,1000,1100,1101,1110,1111\}$. Анализ ДНФ и их характеристических множеств в ряде случаев существенно облегчается, если представляющие их множества троичных и булевых векторов группируются в матрицы. Заданная ДНФ, может быть задана троичной матрицей (формула 2).

$$\begin{bmatrix} 1 & - & 0 & 0 \\ - & 1 & 1 & - \\ 0 & 1 & - & 0 \end{bmatrix} \qquad (2)$$

Кроме операций булева базиса (отрицания, конъюнкции и дизъюнкции), в алгебраических представлениях используются иногда двуместные операции «дизъюнкция с исключением» $x_1 \oplus x_2$, «эквиваленция» $x_1 \sim x_2$ и «импликация» $x_1 \to x_2$. Таким образом, в алгебраическом представлении булева функция выражается формулой в виде некоторой последовательности символов переменных, операторов $\neg, \wedge, \vee, \oplus, \sim, \to$, а также скобок, указывающих порядок применения операторов. Существуют правила использования формул:

1) любой символ булевой переменной ($x_1,x_2,...x_n$ могут использоваться также символы $a,b,...z$) являются формулой;

2) если A – формула, то $\neg A$, или $\overline{A}$, – тоже формула;

3) если A и B – формулы, то выражения $(A \vee B)$, $(A \wedge B)$, $(A \oplus B)$, $(A \sim B)$, $(A \to B)$ также являются формулами. Совокупность правил задает порождаемый синтаксис формул. Существуют классы операторов. Оператор связывает формулы тем сильнее, чем меньше номер класса, к которому он принадлежит:

1 класс: $\neg$;

2 класс: $\wedge$;

3 класс: $\vee,\oplus$;

4 класс: $\sim,\to$.

Преобразование алгебраических выражений логических функций основано на том, что возможно изменение структуры цепей логических схем без изменения их результирующего действия.

Часть из них совпадает с соответствующими законами, применяемыми при преобразовании обычных алгебраических выражений, часть же является специфичной для алгебры логики.

В нашем рассматриваемом примере при построении модели класса системы видим пустыми интервалы третьего ранга и выдвигаем гипотезу о соответствующих импликативных закономерностях.

Предположим, что среди интервалов, ранги которых не превышают трех, пустыми оказались лишь те, которые представлены строками следующей троичной матрицы, где компоненты принимают значения из трехэлементного множества $\{0,1,-\}$ (формула 3). Столбцы наборов в матрице импликативных закономерностей T соответствуют слева на право: x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & - & 1 & - & - & 0 \\ - & 1 & - & - & 0 & 0 \\ 0 & - & - & 0 & 1 & 1 \\ - & 0 & - & 1 & - & 1 \\ - & 0 & 0 & 0 & - & 1 \end{bmatrix} \qquad (3)$$

Эта матрица импликативных закономерностей T будет моделью исследуемого класса опасных состояний. Строки интерпретируются как импликативные закономерности: первая строка утверждает, что в

данном классе не существует объектов, обладающих признаками x_1 и x_3, но не обладающих в тоже признаком x_6.

Шаг 3. Выбор целевого признака из системы закономерностей и упрощение.

Пусть в данном примере роль целевого признака играет признак опасного состояния – x_6. При $x_2 = 0$ становится излишней строка 2, так как задаваемая ею область запрета не содержит элементов с таким значением признака x_2 ($x_2 = 1$ во второй строке) и следовательно, не пересекается с интервалом возможного существования объекта, не обладающего признаком x_2. Удалив ее вместе со столбцом x_2, получим остаток (формула 4).

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & - & - & 0 \\ 0 & - & 0 & 1 & 1 \\ - & - & 1 & - & 1 \\ - & 0 & 0 & - & 1 \end{bmatrix} \qquad (4)$$

Если, $x_2 = 1$, следует анализировать остаток матрицы T (выпадают строки 4 и 5, где x_2 соответствуют $\{0,-\}$ (формула 5).

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & - & - & 0 \\ - & - & - & 0 & 1 \\ 0 & - & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad (5)$$

Таким образом, из остатка матрицы T можно записать в алгебраической форме представление признака x_6 через другие признаки (формула 6).

$$x_6 = \overline{x_5} \vee \overline{x_1} \wedge \overline{x_4} \wedge x_5 \qquad (6)$$

Обнаружение (поиск и выявление) импликативных закономерностей опасных состояний КСА АС основано на выборе целевого признака из системы закономерностей и снижении размерности векторов образов сигнатур опасных состояний.

Заключение

Таким образом, рассмотренный способ построения логических моделей опасных состояний КСА АС на основе логического вывода позволяет осуществлять не весь перебор возможных классификационных признаков состояний, а ограничиться сокращенным перебором.

Список литературы

1. Рябинин, И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем.– СПб.: Политехника, 2000.– 248 с.: ил. –98 с.

2. Острейковский, В.А. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ / В.А. Острейковский, Ю.В. Швыряев. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2008.– 352 с.

3. Сидельников,О.В. Применение метода индуктивного прогнозирования состояний для обнаружения компьютерных атак в информационно-телекоммуникационных системах / О.В. Сидельников, В.Н. Лаптев, В.А. Шарай // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – № 72(08). – 10 с. – Режим доступа : http://ej.kubagro.ru/2011/08/pdf/37.pdf.

4. Закревский, А.Д. Логика распознавания / Изд.2-е, доп. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 144 с.

Восстановление кадровой синхронизации при проскальзываниях цифрового сигнала в беспроводных сетях передачи данных при помощи свойств сверточных кодов

Ю. Ю. Синицын, e-mail: sinia90@mail.ru
А. Б. Сизоненко, e-mail: siz_al@mail.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *Рассмотрены различные виды синхронизации сигнала, причины возникновения проскальзываний сигнала в беспроводных системах передачи данных. Проведен анализ нарастания метрик путей при декодировании по алгоритму Витерби кодовой последовательности с различными видами искажений. Предложено использовать свойства сверточных кодов для устранения проскальзываний цифрового сигнала в беспроводных системах передачи данных.*

Ключевые слова: *система синхронизация сигнала, проскальзывание цифрового сигнала, помехоустойчивое кодирование, сверточные коды, алгоритм декодирования по Витерби.*

Введение

В беспроводных системах передачи данных, по мере накопления фазового сдвига сигналов передачи и приема, возникают сбои синхронизации. Сбои в работе систем синхронизации приводят к удалению или добавлению лишних символов кодовой последовательности переданных данных называемых проскальзываниями. Правильно обработать такие данные становится невозможным. Существующие способы предотвращения проскальзываний не способны в полной мере определить место пропущенного (лишнего) бита информации. Уменьшить влияние проскальзываний в беспроводных системах передачи данных возможно, используя свойства сверточных кодов. Модификация алгоритма декодирования сверточных кодов по Витерби, позволит устранить не только искажения типа изменение одного или группы символов, но и искажения типа удаление или добавление лишних символов, что позволит восстановить синхронизацию при передаче данных.

© Синицын Ю. Ю., Сизоненко А. Б., 2021

1. Причины и следствия сбоев синхронизации

Современные беспроводные системы передачи данных требуют обеспечения высоких показателей надежности и качества передачи информации. Большинство таких систем имеют несколько этапов синхронизации, которые располагаются на приемной части оборудования.

Среди них выделяют:

– системы синхронизации по несущей частоте;
– системы тактовой синхронизации;
– системы словной синхронизации;
– системы кадровой синхронизации [1].

Для решения проблем синхронизации в беспроводных системах передачи данных используются устройства с эластичной памятью, в которых по тактовой частоте генератора источника осуществляется запись переданного сигнала, по тактовой частоте генератора приемника происходит его считывание. Устройство с эластичной памятью используется для долгого хранения сигналов, эластично изменяясь для компенсации задержек во времени прохождения сигнала.

В отсутствии эластичной памяти сбои синхронизации возникают по мере накопления фазового сдвига сигналов передачи и приема [2].

Эластичная память способна временно сглаживать разность частот потока данных отправленных с источника и принятого потока данных на приемнике. Это связано с тем, что такая память переполняется или опустошается в зависимости от соотношения тактовых частот. Сбои в работе систем синхронизации приводят к удалению или добавлению лишних символов кодовой последовательности переданных данных называемые проскальзыванием. Проскальзывание ведет к пропуску информации или считыванию ее несколько раз подряд.

Влияние проскальзываний синхронизации для разных типов данных приведено в таблице [3].

2. Способы устранения рассинхронизации

Существует способ предотвращения проскальзываний, который основан на введении избыточности битов в потоки данных. Если буферная память близка к переполнению, то часть избыточных битов удаляется, скорость обработки данных на приемнике снижается. При снижении уровня буферной памяти во входной поток обработки данных вставляются избыточные биты [3].

Далее показан способ частичного восстановления данных, после обнаружения битового проскальзывания. Данный способ, применяется в системе мобильной связи GSM.

Таблица

Следствия проскальзываний данных

Тип данных или технология их передачи	Проявление проскальзываний синхронизации
Звук	Щелчки при прослушивании музыки
Видеоинформация	Искажение изображения («замораживание» или потеря картинки)
Фотографии	Искажение изображения (потеря части картинки, в зависимости от места проскальзывания символа в кадре, необходимость повторной передачи данных)
Текст	Искажение текста, необходимость повторной передачи данных

Кадр представляет собой матрицу из 20 строк и 16 столбцов. Полезные данные D (260 бит) обрамляются служебными (60 бит). Порядок следования битов во времени: слева – направо, сверху – вниз рис 1 (а).

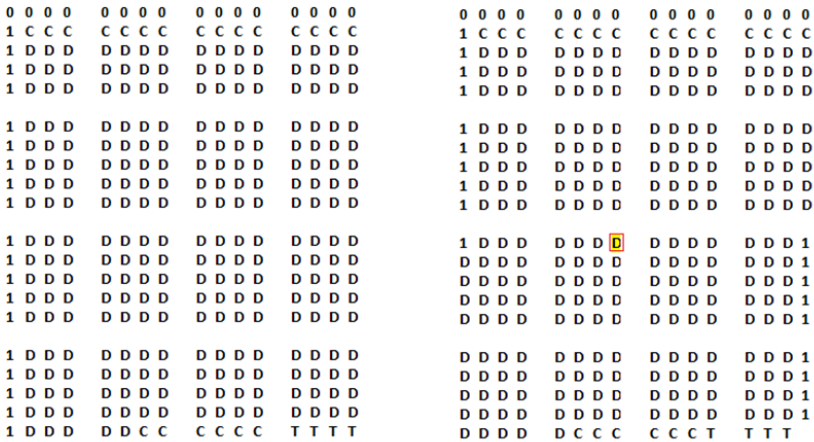
Первым передается флаг начала кадра – уникальная комбинация из шестнадцати 0 и следующая за ним 1, затем служебные биты (С или Т). Чтобы флаговая комбинация битов повторно не встречалась в теле кадра, применен такой прием: все последующие биты первого столбца всегда должны быть 1. Биты первого столбца называются битами синхронизации.

Кадры последовательно передаются в канал связи. Получатель кадра распознает флаг начала и приступает к приему данных. Если ошибок нет, то полезные данные извлекаются из кадра и преобразуются в равномерный поток отсчетов, совпадающий с исходным.

В результате проскальзываний может появиться лишний бит или исчезнуть один из имевшихся битов, что искажает кадр не только по содержанию, но и по форме. Большинство подобных ошибок проявляется в том, что по крайней мере один из битов синхронизации приобретает неправильное значение. Кадры с искаженными битами синхронизации отбрасываются, вследствие чего теряется часть данных.

Предположим, что приемник принял кадр с пропущенным битом, показанный на рис 1 (б). При обработке кадра устройство управления (процессор) пытается реконструировать кадр. Прежде чем перейти к процедуре реконструкции кадра, процессор оценивает шансы на успех. Вероятность правильного применения коррекции зависит от номера строки, в которой обнаружен первый ошибочный бит синхронизации.

Возможен отказ выполнения процедуры реконструкции кадра, при малой вероятности правильного применения коррекции [3].



а б

а – структура кадра, б – структура кадра с удаленным битом данных

Рис. 1. Структура кадра GSM

3. Использование свойств сверточных кодов при рассинхронизации

Современные беспроводные системы передачи данных для устранения искажений данных, передаваемых по каналу связи с помехами, применяют помехоустойчивое кодирование. При воздействии помех на передаваемое сообщение возможно изменение одного или группы символов, удаление или добавление лишних символов [4]. Помехоустойчивые коды позволяют исправлять искажения одного или группы символов.

Широкое применение среди помехоустойчивых кодов нашли сверточные коды. Свойства сверточных кодов позволяют обнаружить место удаления или добавления символов данных. Одним из методов декодирования сверточных кодов является алгоритм Витерби. Данный метод осуществляет поиск наиболее подходящего списка состояний, которые имеют наибольшую вероятность произошедших событий.

Алгоритм Витерби основан на методе максимального правдоподобия. На каждом такте декодирования для каждой ветви решетки кода вычисляется метрика – число, характеризующее степень отличия бит, генерируемых данной ветвью от принятого кодового слова.

Ошибка по каждой ветви служит метрикой d_H расстояния Хэмминга и соответствует числу отличающихся от требуемых принятых символов. Суммарная метрика $d_{\Sigma H}$ по каждому из возможных путей определяется как метрика путей. Алгоритм Витерби выбирает оптимальный путь с наименьшей суммарной метрикой и отбрасывает те пути, которые превышают некоторую пороговую величину в данный момент времени [5].

Рассмотрим работу декодера при воздействии искажения удаление символа кодовой последовательности. В данном примере при передаче данных, в результате проскальзывания, был удален девятый бит. Получена последовательность *Z = 11-01-01-00-10-10-00-10-11-11-10-10-10-00-11-00-10-01-01-10.*

При работе декодера мы наблюдаем неверное декодирование десяти бит исходной последовательности, начиная с места потери бита. Из – за потери одного бита кодовой последовательности в кодовых словах, начиная с места потери, происходит сдвиг бит данных. Происходит нарастание количества ошибок при декодировании. При работе декодера мы наблюдаем нарастание значений метрик путей рис. 3 [6].

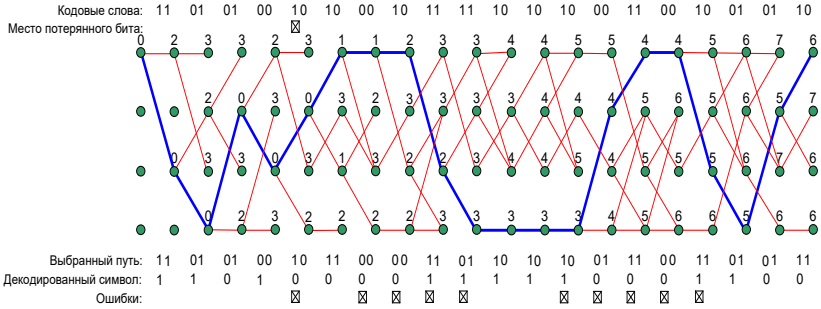


Рис. 2. Процесс декодирования по алгоритму Витерби кодовой последовательности с искажением типа удаление бита данных

На рис. 3 представлен график интенсивности нарастания метрик оптимального пути, для различных видов искажений кодовой последовательности.

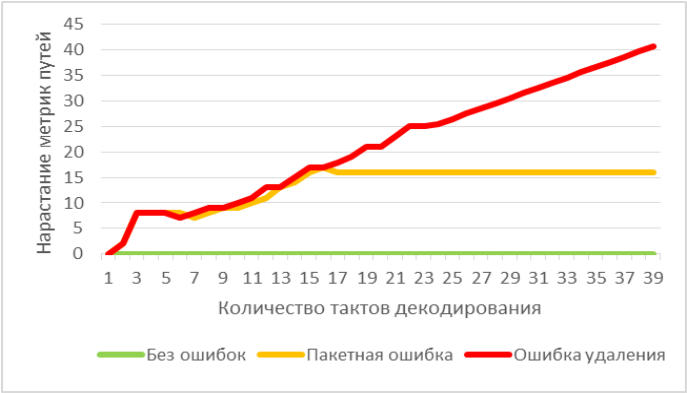


Рис. 3. Интенсивность нарастания метрик оптимального пути, для различных видов искажений

Зеленым цветом на графике показано нарастание метрик оптимального пути для кодовой последовательности, принятой без ошибок. Оранжевым цветом показана интенсивность нарастания метрик оптимального пути для кодовой последовательности искаженной группой символов. Красным цветом на графике показана интенсивность нарастания метрик оптимального пути при декодировании кодовой последовательности с пропущенным символом.

Нетрудно заметить, что интенсивность нарастания метрик оптимального пути при декодировании кодовой последовательности, принятой без ошибок и искаженной пакетом ошибок, достигает определенного значения (область влияния ошибки), после этого рост значения метрик оптимального пути прекращается. При декодировании кодовой последовательности с пропущенным символом мы наблюдаем нарастание метрик оптимального пути при каждом последующем такте декодирования.

Таким образом, наблюдая за нарастанием метрик оптимального пути при декодировании возможно определить место пропущенного (лишнего) бита информации. Остановить процесс декодирования, вернуться к месту начала нарастания метрик оптимального пути, вставить (удалить) бит данных и возобновить процесс декодирования. Вставка (удаление) бита с момента нарастания значения метрик оптимального пути позволит предотвратить распространение влияния эффекта проскальзывания кодовой последовательности цифрового сигнала.

Заключение

Сбои в работе систем синхронизации приводят к удалению или добавлению лишних символов кодовой последовательности. Способы устранения рассинхронизации, используемые в современных беспроводных системах передачи данных, не способны в полной мере определить место пропущенного (лишнего) бита информации. Уменьшить влияние проскальзываний в беспроводных системах передачи данных возможно, используя свойства сверточных кодов. Модификация алгоритма декодирования сверточных кодов по Витерби, основанная на анализе интенсивности нарастания метрик оптимального пути позволит устранить не только искажения типа изменение одного или группы символов, но и искажения типа удаление или добавление лишних символов, что позволит восстановить синхронизацию при передаче данных.

Список литературы

1. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр – 2-е изд., испр.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1104 с.
2. Канаков, В.А. Новые технологии измерения в цифровых каналах передачи информации. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Современные системы мобильной цифровой связи, проблемы помехозащищенности и защиты информации» / В. А. Канаков. – Нижний Новгород, 2006. – 91 с.
3. Сухман, С.М. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений / С.М. Сухман, А.В. Бернов, Б.В. Шевкопляс. – 260 с.
4. Сизоненко, А.Б. Использование свойств сверточных кодов для устранения рассинхронизации при расшифровании сообщений, зашифрованных синхронными поточными шифрами / А.Б. Сизоненко // Информационные системы и технологии. – 2013. – № 1. – С. 41–46.
5. Никитин, Г.И. Сверточные коды: Учеб. Пособие / Г. И. Никитин. – СПбГУАП. СПб. – 2001.– 80 с.
6. Синицын, Ю.Ю. Восстановление синхронизации при расшифровании сообщений с использованием модифицированного алгоритма декодирования по Витерби / Ю.Ю. Синицын, А.Б. Сизоненко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 36-43.

Возможности алгоритма TLD по обеспечению трекинга целевого объекта в видеопотоке

В. А. Степанцов, email: mrstep@yandex.ru, М.А. Дынин

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены возможности алгоритма TLD (Tracking-Learning-Detection), обеспечивающие устойчивое слежение за целевым объектом в видеопотоке.*

Ключевые слова: *трекинг, детектирование, объект в видеопотоке, TLD.*

Введение

Компьютерное зрение, обработка изображений и распознавание образов являются обширной областью научных и практических исследований, результаты которых широко используются в различных сферах человеческой деятельности, таких как дистанционное зондирование, медицинская диагностика, взаимодействие человек-компьютер и т.д. Системы безопасности, наблюдения, навигационные, ограниченного доступа, метеорологические являются системами анализа видеопотока. Важными задачами являются обнаружение, слежение, распознавание и прогнозирование поведения объекта на основе анализа видеопотока.

Слежение (трекинг) объектов используется в различных практических сферах:

– Автономная навигация – трекинг позволяет предсказать положение объекта, обеспечивая динамическое планирование маршрута.

– Системы внешнего наблюдения – трекинг позволяет отслеживать заданного человека с возможным исчезновением человека на видео.

– Человеко-компьютерный интерфейс – отслеживание определенной части тела позволяет использовать движения человека для ввода команд в компьютерных системах.

– Дополненная реальность – знание положения объекта на видео позволяет накладывать эффекты дополненной реальности.

В настоящее время сферы применения трекинга постоянно расширяются, что приводит к необходимости разработки или модификации ранее разработанных методов и алгоритмов (трекеров).

© Степанцов В. А., Дынин М.А., 2021

1. Представление объекта и способы слежения

В случае слежения за объектом выбирается нужный объект путем его выделения. Для выделения необходимо задать образ и характеристики объекта.

Существует несколько способов представления образа объекта:

– Точки. При данном подходе объект представляет из себя набор из одной, называемой центроидом, или нескольких точек. Трекер отслеживает перемещение каждой из точек.

– Примитивные геометрические фигуры. В данном случае перемещения объекта обычно моделируются как афинное или проективное преобразование.

– Контур или силуэт объекта. Контур является границей объекта. Силуэт объекта – это площадь внутри контура.

– Сочлененные геометрические фигуры. В этой модели части объекта связаны вместе. Например, тело человека или животного можно представить, как набор соединенных геометрических фигур, представляющих различные части тела.

– Скелетонная модель. При этом подходе извлекается скелетон. Модель применима как для твердых, так и для подвижных объектов.

Наиболее часто применяемыми характеристиками объекта являются:

– Цвет. Следует отметить, что данная характеристика весьма чувствительна к шумам.

– Грани. Выделение (детектирование) наиболее изменяющихся границ объекта. Самым популярным методом выделения границ является детектор границ Canny [1].

– Оптический поток. Под оптическим потоком понимается изображение видимого движения объектов, поверхностей или краев сцены, получаемое в результате перемещения наблюдателя (глаз или камеры) относительно сцены. Алгоритмы расчета оптического потока реализуются на основе методов Horn–Schunck [2] и Lucas–Kanade [3].

Далее задача трекера, отслеживающего положение целевого объекта в видеопотоке, состоит в верном выделении объекта на последующих кадрах видеопоследовательности. Существующие алгоритмы располагают только информацией, полученной после выделения объекта, и имеют ряд недостатков, обусловленных отсутствием знаний об объекте слежения.

Отыскивать объект на видео возможно двумя способами: распознаванием и слежением.

В случае распознавания, программе, реализующей трекер, известно, как выглядит объект слежения, и в процессе работы

последовательно проверяются области изображения с целью нахождения похожих объектов. Очевидным недостатком данного способа является то, что практически невозможно отследить объект в случае его частичного или полного перекрытия другими объектами, а также в случаях сильного изменения его первоначального внешнего вида и характеристик видеосъемки из-за погодных или иных условий.

В случае слежения необходимо отслеживать первоначально выделенный объект оценивая оптический поток, который характеризует относительное изменение положение объектов на следующем кадре видео. На основе информации о нахождении объекта в предыдущих кадрах можно определить его скорость и направление движения, что дает возможность с определенной точностью прогнозировать следующее его положение. Недостатком является то, что даже кратковременное исчезновение объекта слежения из поля зрения объектива видеокамеры может привести к его полной потере.

Для устранения отмеченных недостатков необходимо использовать подход, в той или иной степени удовлетворяющий таким критериям как:

– устойчивая работа при полном или частичном пропадании объекта из поля зрения камеры;
– требуемая производительность;
– точность сопровождения.

В общем случае схема такого подхода может быть следующей:

– В начальный момент времени выделяется объект слежения.
– Классификатор обучается по выделенному и последующим изображениям объекта, получаемым трекером по относительному смещению объекта слежения.

2. Алгоритм TLD (Tracking-Learning-Detection)

В наибольшей степени этому подходу соответствует алгоритм TLD (Tracking-Learning-Detection) [4], состоящий из трех компонентов: краткосрочного Tracking (Сопровождения), Learning (Обучения) и Detection (Обнаружения). Алгоритм, в дополнение к основной задаче трекера, выполняет детектирование и моделирование объекта, тем самым повышая качество отслеживания. Это также позволяет алгоритму редетектировать объект в случае его исчезновения в видеопотоке. Схема взаимодействия модулей показана на рис. 1.

Модуль Tracking осуществляет сопровождение объекта от кадра к кадру. Модуль Detection локализует все появления объекта, которые наблюдались в последнее время и в случае необходимости корректирует модуль Tracking.

Модуль Detection на основе заданной модели объекта реализует алгоритм, позволяющий обнаружить объект на изображении.

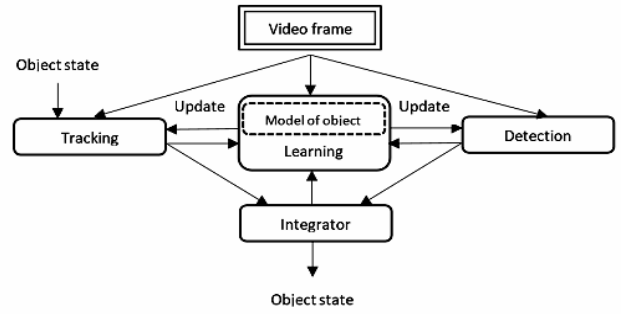


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей алгоритма TLD

В алгоритме TLD используется стратегия сканирующего окна и модель, представленная набором патчей, на основе двухбитных бинарных шаблонов. Текущий видеокадр последовательно сканируется данным окном и для каждого фрагмента изображения бинарный классификатор определяет наличие или отсутствие там объекта. Классификатор содержит некоторый набор параметров, по каждому из которых на основе сравнения определяется соответствует ли данный фрагмент этому параметру. Если для фрагмента изображения положительно классифицировано более половины параметров, то классификатор делает вывод о принадлежности данного фрагмента объекту.

Модуль Learning оценивает ошибки модуля Detection и обновляет его, чтобы избежать их в будущем. Алгоритм является самообучающимся, при этом для обучения используются непомеченные данные. В качестве данных о положении объекта выступают результаты работы модуля Tracking. В случае, если расстояние между положением, указанным модулем Detection и положением, указанным модулем Tracking, минимально, то патч определяется как положительный. В противном случае как отрицательный. Модель в алгоритме модуля Learning представляется в виде рандомизированного леса.

Обучение происходит путем применения двух событий: расширяющего, в случае если патч определен как положительный и урезающего, в случае если патч определен как отрицательный. Модель объекта инициализируется первым кадром, увеличивается расширяющими событиями, уменьшается урезающими событиями постепенно приближаясь к реальному объекту. Расширение модели необходимо для добавления новых правильных возможных состояний модели, и происходит добавлением и расширением веток. Урезание модели необходимо для удаление неверных сэмплов, и происходит

путем удаления веток из леса. Схема изменения модели приведена на рис. 2.

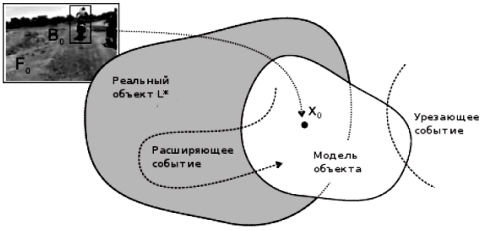


Рис. 2. Схема изменения модели

Модуль Integrator объединяет ограничивающую рамку модуля Tracking и ограничивающую рамку модуля Detection в единую ограничивающую прямоугольную рамку. Если ни модуль Tracking, ни модуль Detection не выводят ограничивающую рамку, объект объявляется невидимым.

Заключение

Комбинированные методы, к которым относится алгоритм TLD, позволяют объединять достоинства разных методов по наивысшим показателям различных критериев. К достоинствам данного алгоритма следует отнести высокий уровень обнаружения объектов, высокую производительность, устойчивость к шуму и продолжительным перекрытиям отслеживаемого объекта, а также к различным видам искажений внешнего вида.

Список литературы

1. Canny J., A Computational Approach to Edge Detection – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://perso.limsi.fr/vezien/PAPIERS_ACS/canny1986.pdf

2. Horn B. K. P., Schunck B. G., Determining Optical Flow – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.caam.rice.edu/~zhang/caam699/opt-flow/horn81.pdf

3. Lucas Bruce D., Kanade Takeo, An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cseweb.ucsd.edu/classes/sp02/cse252/lucaskanade81.pdf

4. Kalal Z., Mikolajczyk K., Matas J., Tracking-Learning-Detection – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vision.stanford.edu/teaching/cs231b_spring1415/papers/KalalPAMI.pdf

Применение алгоритма SEAL в целях защиты речевой информации

В. А. Степанцов, email: mrstep@yandex.ru, Д. С. Лунис

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена возможность применения поточного криптографического алгоритма SEAL в целях защиты речевой информации.*

Ключевые слова: *защита речевой информации, алгоритм SEAL.*

Введение

Проблема защиты информации, в частности речевой, путем ее преобразования, исключающего несанкционированный доступ к ней посторонних лиц, в значительной степени решается использованием криптографии. Без использования криптографических методов и алгоритмов невозможно сегодня представить осуществление таких задач обеспечения безопасности информации, как конфиденциальность, целостность и аутентификация.

Безопасность современных алгоритмов шифрования полностью основана на ключах, а не на деталях алгоритмов. Это значит, что алгоритм может быть опубликован и проанализирован. Продукты, использующие некоторый алгоритм, могут широко тиражироваться. Не имеет значения, что злоумышленнику известен алгоритм, если ему не известен конкретный ключ, то он не сможет прочесть сообщения.

В общем случае современные криптосистемы делятся на симметричные и асимметричные. В симметричных криптосистемах и для шифрования, и для дешифрования применяется один и тот же ключ. Он является секретным и передается отправителем получателю по каналу связи. Алгоритм шифрования выбирается сторонами до начала обмена сообщениями. В асимметричных для шифрования и дешифрования используются разные ключи.

Симметричные криптосистемы наряду с недостатками, к которым относятся организационные сложности управления и обмена ключами в большой сети, имеют по сравнению с ассиметричными криптосистемами ряд несомненных достоинств:

– скорость передачи сообщений;
– простота реализации за счет более простых операций;
– меньшая требуемая длина ключа при сопоставимой стойкости;

© Степанцов В. А., Лунис Д. С., 2021

– изученность за счет более длительной практики применения.

Среди симметричных криптографических систем следует отдельно выделить поточные шифры. Поточный шифр – это симметричный шифр, в котором каждый символ открытого текста преобразуется в символ шифрованного текста в зависимости не только от используемого ключа, но и от его расположения в потоке открытого текста.

С практической точки зрения значительный интерес представляет оптимизированный под программную реализацию поточный шифр SEAL [1].

1. SEAL – Software-Optimized Encryption Algorithm

SEAL позиционируется как увеличивающая длину псевдослучайная функция, используемая для реализации поточного шифрования. Для работы ему требуются восемь 32-битовых регистров и память объемом несколько Кбайт. На предварительном этапе SEAL преобразует ключевую информацию в набор таблиц, суммарный объем которых составляет всего 3 Кбайта. Эти таблицы используются для быстрого шифрования информации, затрачивая около пяти машинных инструкций на байт данных.

Получая на входе 160-битовый секретный ключ k и 32-битовый параметр n (индекс), SEAL формирует последовательность $SEAL_k(n)$ длиной L, где L не превосходит 64 Кбайт. Такой шифр обозначим $SEAL(k, n, L)$. Наиболее приемлемыми для реальных нужд считаются величины от 512 до 4096 байт. SEAL порождает последовательность переменной длины. В случае, когда ключ k случаен и неизвестен, последовательность $SEAL_k(n)$ псевдослучайна, и определить использованную функцию не представляется возможным. Поточный шифр на основе семейства псевдослучайных функций зависит не только от ключа k и сообщения p, но и от позиции n данного сообщения в потоке данных. Шифрование с позиции n сообщения p задается выражением $(n, p \oplus SEAL_k(n))$, при этом используется L бит выхода $SEAL_k(n)$. После формирования L^* бит, где L^* – наименьшее кратное 128, большее или равное L алгоритм прекращает генерацию.

Использование псевдослучайных функций дает возможность прямого доступ к любому фрагменту выходной последовательности.

Алгоритм состоит из нескольких шагов. Обозначим:

– $y <<< t$ – циклический сдвиг слова y на t разрядов влево;

– $y >>> t$ – циклический сдвиг слова y на t разрядов вправо;

– $\wedge, \vee, \oplus, \neg$ – поразрядные операции AND, OR, XOR, NOT;

– символ P обозначает операцию конкатенации;

– $odd()$ – предикат истинный тогда и только тогда, когда его аргумент – четное число;

– $y + t$ – сумма целых чисел y и t по модулю 2^{32}.

Этап 1. Заполнение таблиц.

Алгоритм SEAL использует зависимые от ключа таблицы R, S, T. Заполнение таблиц выполняется с помощью функции G, которая является функцией сжатия алгоритма хеширования SHA.

Функция $G_k(i)$ для 160-битовой последовательности k и 32-битового целого числа i $(0 < i < 2^{32})$ может быть представлена следующим образом:

Последовательность k разбивается на пять 32-битовых слов $k = H0H1H2H3H4$, где $a = H0, b = H1, c = H2, d = H3, e = H4$ вспомогательные 32-битовые регистры.

Строится 512-битовая последовательность Y по правилу $i \text{P} 0^{480}$ (конкатенация 32-битового числа i и 480-битовая последовательность нулей).

Блок Y – массив $(w_0, ..., w_{15})$ из 16 (32-битовых) слов, так что $w_0 = i, w_1 = ... = w_{15} = 0^{32}$. Далее он расширяется до 80 слов по 32 разряда в каждом. Пусть $(w_0, ..., w_{15})$ – исходный блок, $(W_0, ..., W_{79})$ – расширенный блок, при этом

$$W_t = \begin{cases} w_t & t = 0 \ldots 15; \\ (W_{t-3} \oplus W_{t-8} \oplus W_{t-14} \oplus W_{t-16}) <<< 1, & t = 16 \ldots 79. \end{cases}$$

Выполняются 80 раундов алгоритма (f_t – раундовая функция, K_t – раундовая константа), на каждом из которых происходит выполнение следующих операций: $temp = (a <<< 5 + f_t(b, c, d) + e + W_t + K_t)$; $e = d; d = c; c = b <<< 30; b = a; a = temp$.

Далее определяются функция $f_t(x, y, z)$ и константа K_t.

$$f_t(x, y, z) = \begin{cases} (x \wedge y) \vee (\neg x \wedge z), & t = 0 \ldots 19; \\ x \oplus y \oplus z, & t = 20 \ldots 39, 60 \ldots 79; \\ (x \wedge y) \vee (x \wedge z) \vee (y \wedge z), & t = 40 \ldots 59. \end{cases}$$

$$K_t = \begin{cases} 5A827999, & t = 0\ldots19; \\ 6ED9EBA1, & t = 20\ldots39; \\ 8F1BBCDC, & t = 40\ldots59; \\ CA62C1D6, & t = 60\ldots79. \end{cases}$$

Выполняется сложение по модулю 2^{32} полученных значений a, b, c, d, e соответственно с $H0H1H2H3H4$:

$H0 = H0 + a; H1 = H1 + b; H2 = H2 + c; H3 = H3 + d; H4 = H4 + e;$

После выполнения функции $G_k(i)$ получим 160-битовое значение $H0H1H2H3H4$. Далее строится функция Γ с выходным значением длиной 32 бита, путем переиндексирования функции G $\Gamma_k(i) = H^j_{i \bmod 5}$.

Таблицы R, S, T определяются следующим образом: $T[i] = \Gamma_k(i), (0 \le i < 512);$ $S[j] = \Gamma_k(0x1000 + j), (0 \le j < 256);$ $R[q] = \Gamma_k(0x2000 + q), (0 \le q < 4[(L-1)/8192)$.

Этап 2. Генерация ключевой последовательности.

Перед генерацией псевдослучайной функции $SEAL(k, n, L)$ необходимо подготовить служебные 32-битовые регистры A, B, C, D и четыре 32-битовых слова n_1, n_2, n_3, n_4. Их значения определяются из таблиц R и T, 32-битового числа n и некоторого числа l следующим образом:

```
procedure Initialize(A,B,C,D,n1,n2,n3,n4)
  A = n ⊕ R[4l];
  B = (n >>> 8) ⊕ R[4l + 1];                C = (n >>> 16) ⊕ R[4l + 2];
D = (n >>> 24) ⊕ R[4l + 3];
  for j = 1 to 2 do {
    P = A ∧ 0x7fc; B = B + T[P/4]; A = A >>> 9;
    P = B ∧ 0x7fc; C = C + T[P/4]; B = B >>> 9;
    P = C ∧ 0x7fc; D = D + T[P/4]; C = C >>> 9;
    P = D ∧ 0x7fc; A = A + T[P/4]; D = D >>> 9;
  }
  (n1,n2,n3,n4) = (D;B;A;C);
  P = A ∧ 0x7fc; B = B + T[P/4]; A = A >>> 9;
  P = B ∧ 0x7fc; C = C + T[P/4]; B = B >>> 9;
  P = C ∧ 0x7fc; D = D + T[P/4]; C = C >>> 9;
  P = D ∧ 0x7fc; A = A + T[P/4]; D = D >>> 9;
}
```

Построение функции $SEAL(k, n, L)$, выполняющей растяжение n в L - битную последовательность y, реализуется с использованием числа

L, параметра n и таблиц R, S, T, заданных ключом k. При этом используется отображение n и l в значения внутренних переменных и регистров $A, B, C, D, n_1, n_2, n_3, n_4$.

function SEAL(k;n;L)
{
y = ∅;
for $l = 0$ to ∞ do {
Initialize($n;l;A;B;C;D;n_1;n_2;n_3;n_4$);
for $i = 1$ to 64 do {
$P = A \wedge 0x7fc;\ B = B + T[P/4];\ A = A >>> 9;\ B = B \oplus A;$
$Q = B \wedge 0x7fc;\ C = C \oplus T[Q/4];\ B = B >>> 9;\ C = C + B;$
$P = (P + C) \wedge 0x7fc;\ D = D + T[P/4];\ C = C >>> 9;\ D = D \oplus C;$
$Q = (Q + D) \wedge 0x7fc;\ A = A \oplus T[Q/4];\ D = D >>> 9;\ A = A + D;$
$P = (P + A) \wedge 0x7fc;\ B = B \oplus T[P/4];\ A = A >>> 9;$
$Q = (Q + B) \wedge 0x7fc;\ C = C + T[Q/4];\ B = B >>> 9;$
$P = (P + C) \wedge 0x7fc;\ D = D \oplus T[P/4];\ C = C >>> 9;$
$Q = (Q + D) \wedge 0x7fc;\ A = A + T[Q/4];\ D = D >>> 9;$
$y = y \,||\, B + S[4i-4] \,||\, C + S[4i-3] \,||\, D + S[4i-2] \,||\, A + S[4i-1];$
if $|y| \geq L$ then return $(y_0 y_1 \ldots y_{L-1})$;
if $odd(i)$ then $(A;B;C;D) = (A + n_1; B + n_2; C \oplus n_1; D \oplus n_2)$
else $(A;B;C;D) = (A + n_3; B + n_4; C \oplus n_3; D \oplus n_4)$;
}
}
}

2. Программная реализация алгоритма SEAL

Главным преимуществом алгоритма SEAL наряду с высоким быстродействием является возможность его использования для шифрования звуковой файлов, что делает данный алгоритм незаменимым в целях защиты речевой информации.

Прототип программного обеспечения, реализующего алгоритм SEAL для шифрования звуковых файлов, разработан на языке Java.

На первом этапе работы программы генерируется ключ, который обеспечивает создание уникальных таблиц, необходимых для шифрования. На рис. 1 приведен скриншот фрагмента кода генерации ключа.

```
int[] key = generateKey();
Seal seal1 = new Seal(key,  n: 234567);

private static int[] generateKey() {
    int key[] =  {
                0x10000000, 0x02000000, 0x00300000, 0x00040000, 0x00005000, 0x00000600,
                0x00000070, 0x00000008, 0x90000000, 0x0a000000, 0x00b00000, 0x000c0000,
                0x0000d000, 0x00000e00, 0x000000f0, 0x10000000, 0x01100000, 0x00120000,
                0x00013000, 0x00001400
    };
    return key;
}
```

Рис. 1. Скриншот фрагмента кода генерации ключа

Далее создаются файловые потоки. Было создано три файловых потока: для входящего, шифрованного и дешифрованного файла. Скриншот фрагмента кода создания файловых потоков представлен на рис. 2.

```
FileInputStream in = new FileInputStream(new File(pathInputFile));

FileOutputStream encryptOut = new FileOutputStream(new File(pathEncryptFile));

FileOutputStream decryptedOut = new FileOutputStream(new File(pathOutputFile));
```

Рис. 2. Скриншот фрагмента кода создания файловых потоков

Аудио файл разбивается на блоки. Запускается цикл, который будет работать до конца входящего потока. Каждый блок шифруется и дешифруется при помощи таблицы сгенерированной в алгоритме SEAL. Скриншот фрагмента шифрации и дешифрации блоков представлен на рис. 3.

```
}
int[] encrypted = seal1.encrypt(block);
for (int i = 0; i < counter; i++) {
    encryptOut.write(encrypted[i]);
}
int[] decrypted = seal1.decrypt(encrypted);
for (int i = 0; i < counter; i++) {
    decryptedOut.write(decrypted[i]);
}
```

Рис. 3. Скриншот фрагмента кода шифрации и дешифрации

На рис. 4 приведен скриншот фрагмента кода выполнения программы. В качестве примера была проведена шифрация аудиофайла

1.mp3. Дешифрованный файл 2.mp3 был сохранен в той же папке, что и исходный (рис. 5).

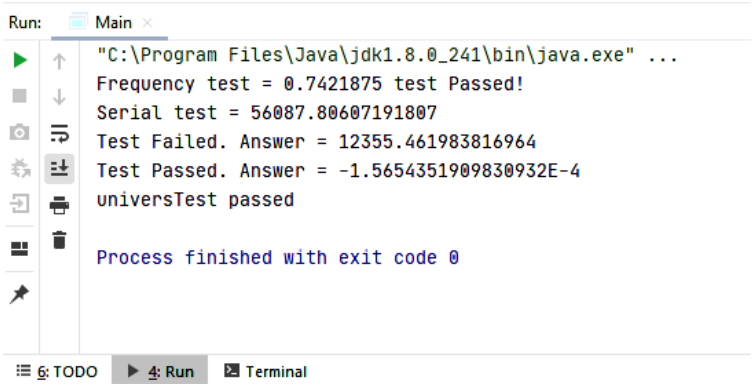


Рис. 4. Скриншот фрагмента кода выполнения программы



Рис. 5. Исходный, дешифрованный и шифрованный файлы

Формат шифрованного файла encrypt.txt был выбран из соображений безопасности.

Заключение

Рассмотрена возможность применения поточного алгоритма SEAL в целях защиты речевой информации. Разработан прототип программного обеспечения, реализующего шифрацию и дешифрацию аудиофайлов. Использованием данного алгоритма не исчерпывается проблема защиты аудиоданных. Проведенное исследование показало целесообразность применения рассмотренного алгоритма в системах информационной безопасности.

Список литературы

1. Поточные шифры / А. В. Асосков, М. А. Иванов [и др.]. – М. : КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. – 336 с.

Исследование возможности разработки системы автоматизированного анализа компьютерных инцидентов

А. П. Теленьга, email: telenga@mail.ru
Н. С. Евсеенков, email: Sailor797@yandex.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции краснознамённое училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *Рассматриваются понятия автоматизированного анализа инцидентов информационной безопасности и его преимущества. Приводится описание прецедентного анализа, его архитектура и математическое представление.*

Ключевые слова: *автоматизированная система, информационная безопасность, прецедентный анализ, инцидент, прецедент.*

Введение

Важнейшей чертой нашего времени является всеобщее информационное слияние сетей, заложенное на построении компьютерных сетей в огромном масштабе на уровне предприятия и их объединение через Интернет.

Сложность организации сетей приводит к различным трудностям при решении задач защиты сетей и управления. В результате использования компьютерных сетей администраторам необходимо защищать сетевые ресурсы от несанкционированной деятельности злоумышленников, воздействий вредоносного программного обеспечения и т.п., т.е. обеспечивать их целостность, доступность и конфиденциальность.

При решении данной задачи главным вопросом является своевременное выявление состояний сети, приводящих к частичной или полной потере её работоспособности, искажению, уничтожению или краже информации, являющихся следствием сбоев случайного характера, отказов или результатом получения злоумышленником несанкционированного доступа к сетевым ресурсам и других угроз информационной безопасности. Быстрое обнаружение таких состояний дает возможность администраторам своевременно предотвратить возможные критические последствия, а также выявить и устранить их причину.

© Теленьга А. П., Евсеенков Н. С., 2021

Для их обнаружения используют различные варианты специализированных систем, одна из таких является система обнаружения атак, в основе которой заложены принципы прецедентного анализа.

1. Автоматизированный анализ компьютерных инцидентов.

Целесообразно сразу отметить, что мы будем придерживаться терминологии в рамках выписки из концепции государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации утвержденная Президентом Российской Федерации от 12 декабря 2014 г. № К 1274, а именно п.20 б)

Начнем с определений. Чтобы понять, что такое автоматизированный анализ, для начала рассмотрим сам процесс добычи информации, ее нормализации и непосредственно анализа. Вопрос автоматизированного анализа является актуальным, так как с всё большим объемом данных нужны более продвинутые технологии для обработки информации, и человек сам уже не может справиться без участия средств автоматизации.

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций.

Теперь вернемся к вопросу, что же из себя представляет анализ компьютерных инцидентов. Согласно Федеральному закону от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ "О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации", ст. 2 компьютерный инцидент – факт нарушения и (или) прекращения функционирования объекта критической информационной инфраструктуры, сети электросвязи, используемой для организации взаимодействия таких объектов, и (или) нарушения безопасности обрабатываемой таким объектом информации, в том числе произошедший в результате компьютерной атаки; Исходя из этого анализ компьютерных инцидентов – это ряд технических мероприятий, направленный на предупреждение, предотвращение, а также расследование аномальных действий в информационной системе, с целью выявить угрозу, которая может нанести существенный ущерб организации, а также деятельность злоумышленников, пытающаяся

добыть информацию и в дальнейшем использовать её в своих корыстных целях.

Для выявления компьютерных инцидентов в виде сетевых атак используют захват и хранение своего же трафика через так называемые брокеры сетевых пакетов. Они направляют трафик в системы индексации сетевых пакетов, таких как Arkime, в которых в дальнейшем мы сможем наблюдать всю активность в нашей сети. На рис.1 показаны подзадачи системы анализа сетевого трафика.

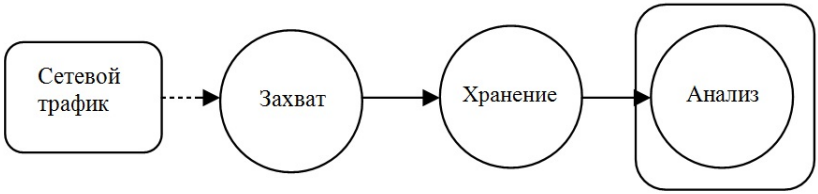


Рис. 1. Подзадачи системы анализа сетевого трафика.

После захвата и записи сетевого трафика мы должны провести его анализ для выявления аномалий и поиска вредоносной активности внутри содержимого сетевых пакетов. Существует большое количество разных подходов, но у всех них есть ряд фактов, показывающий, что без средств автоматизации никак не обойтись:

1. Объем данных. Если над процессом анализа работает только человек, то очевидно, что справиться с таким потоком данных он может только при больших временных затратах, что приводит к снижению эффективности информационной безопасности.
2. Потребность в высококвалифицированных специалистах. Для анализа трафика информационной системы и выявления компьютерных инцидентов без участия автоматизации нужны высококвалифицированные работники, хорошо разбирающимися во многих аспектах ИБ, что влечет дополнительные финансовые затраты.

На сегодняшний день уже создано большое количество различных программных продуктов, которые могут выступать как в роли системы поддержки принятия решений, так и осуществлять автоматизированный анализ событий информационной безопасности.

Рассмотрим типовую архитектуру системы анализа трафика, представленную на рис. 2.

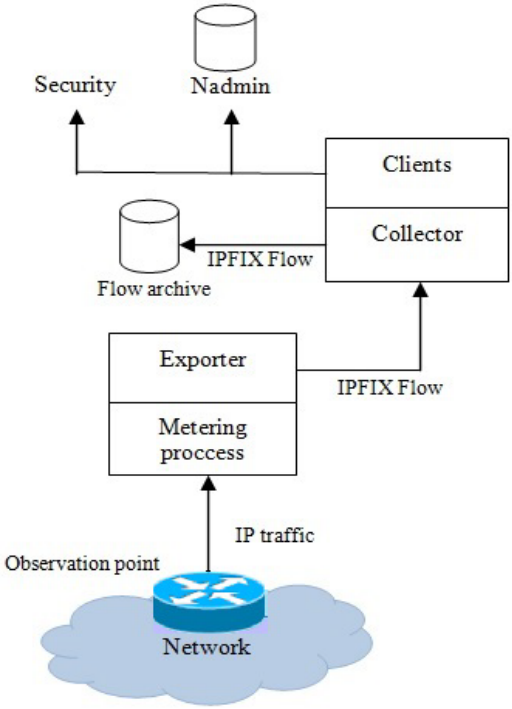


Рис. 2. Архитектура системы анализа трафика.

В ней можно выделить процессы измерения трафика, сбора сетевых потоков и параллельного анализа средствами безопасности и сетевого управления. Опираясь на неё, можно построить систему автоматизированного анализа компьютерных инцидентов.

2. Подходы к автоматизированному анализу компьютерных инцидентов.

Существует несколько путей обнаружения инцидентов и их предотвращения. В данной статье мы затронем подробнее прецедентный анализ. Данный вопрос считается актуальным, так как на данный момент есть ряд проблем, связанные с оперативным реагированием на возникающие инциденты, а именно:

– не всегда классификация инцидентов средствами защиты производится корректно (ошибки 1-го и 2-го рода);

– по мере развития ИТ-инфраструктуры выявляются новые типы ранее неизвестных инцидентов, которых нет в базе прецедентов;

– нет единого решения реагирования для происшествий определенного класса, так как каждый инцидент является индивидуальным.

Для решения этих проблем мы будем использовать метод правдоподобного рассуждения, который позволит решить проблему реагирования на инциденты путем применения систем на основе прецедентов (Case-Based Reasoning, CBR) в качестве интегрированных средств автоматизации процесса управления. Рассмотрим, что из себя представляет прецедентный анализ.

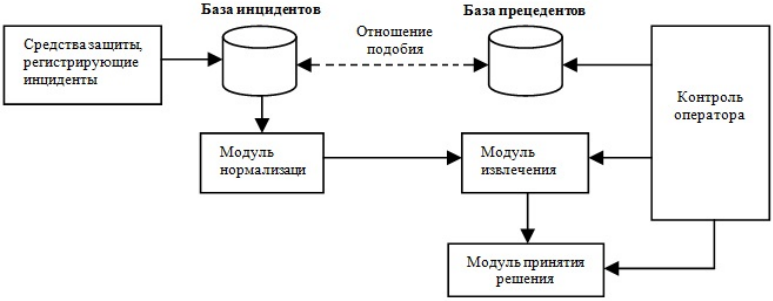


Рис. 3. Архитектура системы прецедентного анализа.

В данной архитектуре можно выделить 5 компонентов, а также процессов, которые будут происходить при обнаружении происшествия:

1. База инцидентов, хранение в себе происшествий, которые ожидают обработку.
2. Модуль нормализации, процесс преобразования зарегистрированных инцидентов в соответствии с базой прецедентов.
3. Модуль извлечения, происходит расчет сходства инцидентов и прецедентов.
4. Модуль принятия решений, определяется результат прошедших двух пунктов выше, если инциденту соответствует один или несколько прецедентов, тогда на этот случай будет уже готовый сценарий решения угрозы, в противном случае, возникают так называемые аномалии, для решения которых, нужен более углубленный анализ с участием человека.
5. Консоль оператора, коррекция процесса анализа и адаптации выработанной стратегии под ранее неизвестные условия.

Также прецедентный анализ можно представить в виде математической модели, основная идея которой заключается в функции подобия, в которой определяется сходство инцидента и прецедента.

Тогда прецедент будет выглядеть в следующем образе

$$CASE = \left(x_1, x_2, ..., x_p, R\right) \quad (1)$$

где $x_1, x_2, ..., x_p$ – параметры, описываемой данным прецедентом;

R – одно или несколько решений данной угрозы.

Извлечение прецедентов основополагается на определении функции подобия F, значение которой определяет схожесть прецедента и текущей ситуации. В пространстве признаков определяется точка, соответствующая целевой проблеме, и в рамках используемой метрики выбирается ближайший прецедент. Формально аналогия прецедента $g = (x_{g1}, x_{g2}, ..., x_{gp})$ и текущей ситуации $k = (x_{k1}, x_{k2}, ..., x_{kp})$ описывается функцией вида

$$SIM\left(g, k\right) = F\left(sim\left(x_{g1}, x_{k1}\right), ..., sim\left(x_{gp}, x_{kp}\right)\right) \quad (2)$$

где $sim\left(x_{gi}, x_{ki}\right)$ – локальная схожесть значений i-го признака прецедента g и i-го признака текущей ситуации (инцидента) k. Функция F выражает полную схожесть прецедента с текущей ситуацией.

С учетом происшествий, которых нет в стратегии реагирования, прецедентный анализ сводится к классификации инцидентов на нормальные и аномальные, исходя из количества найденных аналогий: $G = \left\{g_1, ..., g_n\right\}$ – множество прецедентов; $g_i = (x_1, ..., x_p, r)$ – единичный прецедент; $K = \left\{K_1, ...K_m\right\}$ – множество зарегистрированных инцидентов; $k_j = (x_1, ..., x_p)$ – единичный инцидент; $F(g_i, k_j)$ – функция подобия; $G_l = \left\{g_i : F(g_i, k_j) \le d_{\lim}\right\}$ – множество подобных прецедентов. Таким образом, условие отнесение инцидента к множеству прецедентов формулируется следующим образом: $k_j \in G \Leftrightarrow G_l \ge p_{\lim}$. Как видно, результат классификации напрямую зависит от предельного расстояния $d_{\lim}$ и предельного количества аналогий $p_{\lim}$.

Заключение

Таким образом, рассмотренная возможность применения прецедентного анализа и его автоматизации при реализации различных стратегий реакции на выявленные инциденты информационной

безопасности позволяет нам накапливать базу прецедентов, что впоследствии сокращает время поиска решения для последующих аналогичных происшествий, а также снижает вмешательство человека в процедуру анализа компьютерных инцидентов, тем самым уменьшая риски ошибок 1-го и 2-го рода и повышая защищенность информационной системы в целом.

Список литературы

1. Маркин, Ю. В. Обзор современных инструментов анализа сетевого трафика. / Ю. В. Маркин, А. С. Санаров // Препринты ИСП РАН – 2014 – № 27.

2. Жуков, В. Г. Прецедентный анализ информационной безопасности / В. Г. Жуков, А. А. Шаляпин. // Вестник СибГАУ, 2013г. – № 2 – С. 19-23.

3. Шаляпин, А. А. Модельно-алгоритмическое обеспечение системы прецедентного анализа инцидентов информационной безопасности / А. А. Шаляпин // Решетневские чтения – 2015 – С. 304-306.

Синтез комплексной системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в критических информационных инфраструктурах

А. А. Тихомирова, email: tihomirowaalina@yandex.ru
А. В. Яковлев, email: yava73@bk.ru
У. А. Савилова, email: yliana.savilova@gmail.com

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Рассмотрена возможность синтеза комплексной системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности, возникающих на объектах критической информационной инфраструктуры.*

Ключевые слова: *компьютерный инцидент, критическая информационная инфраструктура, система обнаружения компьютерных инцидентов.*

Введение

Несмотря на высокий темп развития методов и средств защиты информации, количество инцидентов информационной безопасности с каждым годом только увеличивается. Особую опасность такие инциденты представляют для критической информационной инфраструктуры (КИИ).

КИИ – это информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления субъектов КИИ, а также сети электросвязи, используемые для организации их взаимодействия. В свою очередь, субъекты КИИ – это компании, работающие в стратегически важных для государства областях, а также организации, обеспечивающие взаимодействие систем или сетей КИИ.

В связи с государственной важностью обеспечения должного уровня защищенности КИИ, особую актуальность приобретает задача создания системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в КИИ.

1. Компьютерные инциденты безопасности в КИИ

Компьютерный инцидент – факт нарушения и (или) прекращения функционирования объекта КИИ, сети электросвязи, используемой для организации взаимодействия таких объектов, и (или) нарушения

© Тихомирова А.А., Яковлев А.В., Савилова У.А., 2021

безопасности обрабатываемой таким объектом информации, в том числе произошедший в результате компьютерной атаки.

В соответствии с приказами ФСБ России от 24 июля 2018 г. №№366-368, субъекты КИИ и Национальный координационный центр по компьютерным инцидентам (НКЦКИ) осуществляют информационное взаимодействие, в ходе которого субъекты КИИ обязаны уведомлять НКЦКИ о компьютерных инцидентах, произошедших на объектах КИИ [1].

В целях унификации сведений, передаваемых в ходе информационного взаимодействия между НКЦКИ и субъектом КИИ, НКЦКИ и владельцами российских информационных ресурсов, НКЦКИ и иностранными (международными) организациями, выделяются базовые категории и типы компьютерных инцидентов, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Базовые категории и типы компьютерных инцидентов безопасности

Категория компьютерного инцидента и его международное обозначение	**Тип компьютерного инцидента и его международное обозначение**
Заражение вредоносным программным обеспечением (malware)	Внедрение в контролируемый объект КИИ модулей вредоносного программного обеспечения (malware infection)
Распространение вредоносного программного обеспечения (malware distribution)	Использование контролируемого объекта КИИ для распространения вредоносного программного обеспечения (malware command and control)
Нарушение или замедление работы контролируемого информационного ресурса (availability)	Компьютерная атака типа «отказ в обслуживании», направленная на контролируемый объект КИИ (dos)
	Распределенная компьютерная атака типа «отказ в обслуживании», направленная на контролируемый объект КИИ (ddos)

Продолжение таблицы 1

Категория компьютерного инцидента и его международное обозначение	**Тип компьютерного инцидента и его международное обозначение**
	Несанкционированный вывод объекта КИИ из строя (sabotage)
	Непреднамеренное отключение объекта КИИ (outage)
Несанкционированный доступ в систему (intrusion)	Успешная эксплуатация уязвимости на контролируемом объекте КИИ (application compromise)
	Компрометация учетной записи на контролируемом объекте КИИ (account compromise)
Сбор сведений с использованием информационно-коммуникативных технологий (information gathering)	Прослушивание (захват) сетевого трафика контролируемого объекта КИИ (traffic hijacking)
	Социальная инженерия, направленная на компрометацию объекта КИИ (social engineering)
Нарушение безопасности информации (information content security)	Несанкционированное разглашение информации, обрабатываемой на контролируемом объекте КИИ (unauthorised access)
	Несанкционированное изменение информации, обрабатываемой на контролируемом объекте КИИ (unauthorised modification)
Распространение информации с неприемлемым содержимым (abusive content)	Рассылка спам-сообщений с контролируемого объекта КИИ (spam)
	Публикация на контролируемом объекте КИИ запрещенной законодательством РФ информации (prohibited content)

Окончание таблицы 1

Категория компьютерного инцидента и его международное обозначение	Тип компьютерного инцидента и его международное обозначение
Мошенничество с использованием информационно-коммуникативных технологий (fraud)	Злоупотребление при использовании объекта КИИ (unauthorized purposes)
	Публикация на контролируемом объекте КИИ мошеннической информации (phishing)

В табл. 1 представлены только базовые категории и типы компьютерных инцидентов безопасности, которые могут произойти на объектах КИИ. Однако в реальности КИИ подвержена огромному множеству различных по целям и характеру воздействия компьютерных инцидентов. Это означает, что создаваемая система обнаружения должна быть направлена на выявление как можно большего количества типов компьютерных инцидентов [2].

2. Существующие системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в КИИ

В настоящее время решением задачи обеспечения информационной безопасности объектов КИИ занимается Государственная система обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак (ГосСОПКА), структура которой представлена на рисунке



Рисунок. Структура ГосСОПКА

Структура ГосСОПКА включает в себя следующие элементы:

– главный центр ГосСОПКА (наивысшая структура в иерархии, разрабатывает нормативные документы и методики; за работу этого центра отвечает ФСБ России);

– головной центр ГосСОПКА (наивысшая структура в иерархии центров, объединённых по ведомственному или организационному признакам);

– центр ГосСОПКА (совокупность сил и средств субъекта ГосСОПКА, предназначенная для решения задач ГосСОПКА в своей зоне ответственности);

– подчинённый центр (центр, который структурно подчиняется головному центру);

– сегмент ГосСОПКА (совокупность головного центра и иерархически подчинённых центров);

– ведомственные центры (органы государственной власти).

– корпоративные центры (коммерческие и некоммерческие организации; могут оказывать услуги подключения к ГосСОПКА при наличии лицензии) [3-4].

ГосСОПКА предлагает различные варианты совместного противодействия компьютерным инцидентам безопасности. То есть, субъект КИИ может использовать готовые системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности, принадлежащие ведомственным или коммерческим центрам. Однако такой вариант не всегда в полной мере удовлетворяет требованиям информационной безопасности конкретного субъекта КИИ или же может не соответствовать его финансовым возможностям. Поэтому синтез собственной комплексной системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности может стать оптимальным вариантом обеспечения информационной безопасности КИИ.

3. Синтез комплексной системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в КИИ

Осуществим синтез комплексной системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в КИИ, которая будет направлена на выявление следующих категорий компьютерных инцидентов:

– заражение вредоносным программным обеспечением (malware);

– нарушение или замедление работы контролируемого информационного ресурса (availability);

– сбор сведений с использованием информационно-коммуникативных технологий (information gathering);

– несанкционированный доступ в систему (intrusion).

Составим множество альтернатив программных и программно-аппаратных средств, предназначенных для обнаружения вышеупомянутых компьютерных инцидентов, и занесем его в табл. 2.

Таблица 2

Множество альтернатив средств обнаружения инцидентов

Средства обнаружения инцидента malware	**Средства обнаружения инцидента availability**	**Средства обнаружения инцидента information gathering**	**Средства обнаружения инцидента intrusion**
Norton Antivirus Plus	Group-IB Fraud Hunting Platform	Kaspersky Anti Targeted Attack	Страж NT 4.0
McAfee Total Protection	Anti-DDoS Qrator	Kaspersky Industrial CyberSecurity	Secret Net 7
Kaspersky Total Security	CloudFlare DDoS Attack Protection	ViPNet IDS HS	ViPNet SafeBoot 1.4
Kaspersky Security Center 10	Kaspersky DDoS Protection	Kaspersky Private Security Network	Secret Disk 5
Dr.Web Enterprise Security Suite	ViPNet TIAS	Детектор атак «Континент»	Соболь 4.0
ESET NOD32 Secure Enterprise Pack	ViPNet IDS 2.0	Рубикон	vGate-S 4.1
Avira Total Security Suite	Cisco ASA FirePOWER 6.2	Аргус 1.5	Secret Net LSP

Произведем усечение множества альтернатив средств обнаружения компьютерных инцидентов по критерию «наличие сертификата ФСТЭК России».

Результат усечения множества альтернатив по заданному критерию представлен в табл. 3.

Таблица 3

Усечение множества альтернатив

Средства обнаружения инцидента malware	**Средства обнаружения инцидента availability**	**Средства обнаружения инцидента information gathering**	**Средства обнаружения инцидента intrusion**
Kaspersky Security Center 10	Kaspersky DDoS Protection	ViPNet IDS HS	Secret Net 7
Dr.Web Enterprise Security Suite	ViPNet TIAS	Детектор атак «Континент»	ViPNet SafeBoot 1.4
ESET NOD32 Secure Enterprise Pack	ViPNet IDS 2.0	Рубикон	Secret Disk 5
	Cisco ASA FirePOWER 6.2	Аргус 1.5	Соболь 4.0
			Secret Net LSP

Для синтеза комплексной системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в КИИ воспользуемся методом парного сравнения

Метод парного сравнения – один из инструментов оценки и выбора решений, широко используется в экспертных оценках при необходимости расставлять приоритеты в процессе какой-либо деятельности или ранжирования различных объектов [5].

Парное сравнение альтернатив средств обнаружения заражения вредоносным программным обеспечением представлено в табл. 4. Один балл получает наименее дорогостоящая альтернатива (учитывается стоимость программного или программно-аппаратного средства на один персональный компьютер) с учетом качественных характеристик средств обнаружения.

Таким образом, лучшей альтернативой средства обнаружения заражения вредоносного программного обеспечения для синтезируемой системы является Kaspersky Security Center 10.

Таблица 4

Сравнение альтернатив средств обнаружения заражения вредоносным программным обеспечением

Альтернатива	Kaspersky Security Center 10	Dr.Web Enterprise Security Suite	ESET NOD32 Secure Enterprise Pack	Сумма баллов
aspersky Security Center 10	–	1	1	2
Dr.Web Enterprise Security Suite	0	–	0	0
ESET NOD32 Secure Enterprise Pack	0	1	–	1

Парное сравнение альтернатив средств обнаружения компьютерных инцидентов, направленных на нарушение или замедление работы контролируемого информационного ресурса, представлено в табл. 5.

Таблица 5

Сравнение альтернатив средств обнаружения инцидентов нарушения или замедления работы контролируемого информационного ресурса

Альтернатива	Kaspersky DDoS Protection	ViPNet TIAS	ViPNet IDS 2.0	Cisco ASA FirePOWER 6.2	Сумма баллов
Kaspersky DDoS Protection	–	1	0	0	1
ViPNet TIAS	0	–	0	0	0
ViPNet IDS 2.0	1	1	–	1	3
Cisco ASA FirePOWER 6.2	1	1	0	–	2

Таким образом, лучшей альтернативой средства обнаружения компьютерных инцидентов нарушения или замедления работы контролируемого информационного ресурса для синтезируемой системы – ViPNet IDS 2.0.

Парное сравнение альтернатив средств обнаружения несанкционированного сбора сведений с использованием информационно-коммуникативных технологий представлено в табл. 6.

Таблица 6

Сравнение альтернатив средств обнаружения несанкционированного сбора сведений

Альтернатива	ViPNet IDS HS	Детектор атак «Континент»	Рубикон	Аргус 1.5	Сумма баллов
ViPNet IDS HS	–	1	1	1	3
Детектор атак «Континент»	0	–	0	1	1
Рубикон	0	1	–	0	1
Аргус 1.5	0	0	1	–	1

Таким образом, лучшей альтернативой средства обнаружения несанкционированного сбора сведений с использованием информационно-коммуникативных технологий для синтезируемой системы является ViPNet IDS HS.

Парное сравнение альтернатив средств обнаружения несанкционированного доступа в систему представлено в табл. 7.

Таблица 7

Сравнение альтернатив средств обнаружения несанкционированного доступа в систему

Альтернатива	Secret Net 7	ViPNet SafeBoot 1.4	Secret Disk 5	Соболь 4.0	Secret Net LSP	Сумма баллов
Secret Net 7	–	1	1	1	1	4
ViPNet SafeBoot 1.4	0	–	0	1	1	2
Secret Disk 5	0	1	–	1	1	3
Соболь 4.0	0	0	0	–	1	1
Secret Net LSP	0	0	0	0	–	0

Таким образом, лучшей альтернативой средства обнаружения несанкционированного доступа для синтезируемой системы будет Secret Net 7.

Таким образом, синтезируемая комплексная система обнаружения компьютерных инцидентов состоит из следующих средств обнаружения компьютерных инцидентов безопасности:

- Kaspersky Security Center 10;
- ViPNet IDS 2.0;
- ViPNet IDS HS;
- Secret Net 7.

Заключение

Полученная комплексная система обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в КИИ направлена на выявление как минимум четырех наиболее распространённых категорий компьютерных инцидентов. Основными преимуществами синтезированной системы является невысокая стоимость и возможность ее адаптации под конкретные требования субъекта КИИ.

Список литературы

1. Нормативные документы в области ГосСОПКА и безопасности КИИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/knowledge-base/terminology-gossopka-kii-full-version/

2. Состав технических параметров компьютерного инцидента, указываемых при представлении информации в ГосСОПКА, и форматы представления информации о компьютерных инцидентах [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://safe-surf.ru/specialists/article/5252/638030/

3. ГосСОПКА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.infosec.ru/glavnye-temy/gossopka/

4. Комплексное решение для создания центра ГосСОПКА и взаимодействия с НКЦКИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ptsecurity.com/ru-ru/solutions/center-gossopka/

5. Метод парных сравнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hr-portal.ru/article/metod-parnyh-sravneniy

Возможные варианты алгоритмов нанесения водяные знаков для аудио информации

М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru
М. В. Зеленова, email: businkakatilas@mail.ru
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются возможные варианты алгоритмов нанесения водяные знаков для аудио информации. Особо рассматривается вариант алгоритма, основанного на структуризации звукового потока, который имеет существенные преимущества перед другими алгоритмами. Необходимым условием такого алгоритма является предварительная обработка звукового потока для получения структур и обратное восстановление с последующим внесением водных знаков по выбранному варианту алгоритма.*

Ключевые слова: *водяной знак, характерные точки, структуризация входного потока, координата водяного знака, частота появления водяного знака.*

Введение

Необходимо изменить содержание звукового потока амплитуд так, чтобы стало возможным обнаружить несанкционированное копирование звуковой записи при её перезаписи с помощью внешних записывающих устройств и даже при ручном изменении значения амплитуд.

Безусловно, должно предполагаться сравнения исходной звуковой записи или части этой записи с записью, на которую нанесён водяной знак. Обнаружение водяного знака можно реализовать и без привлечения эталонной записи (файла сравнения) при наличии согласованных параметров и алгоритма проявления водяных знаков.

Само нанесение водяных знаков не должно влиять на качество воспроизведения звука и быть «неузнаваемым» на фоне окружения других значений амплитуд.

Безусловно, алгоритм обработки не должен требовать больших временных затрат.

© Фадеев М. М., Балакирев Н. Е., Зеленова М. В., 2021

1. Возможные способы реализации водяных знаков

– Алгоритм 1 – самый простой способ реализации это, нанесение константного значения через равные промежутки времени (определенное количество отсчетов). Определяющими параметрами здесь будут:

1. Частота нанесения водяного знака с учетом длины промежутка;
2. Значение константы, которое определяет амплитуду.

Оба параметра могут быть неизменными или варьироваться для различных звуковых записей и быть может с учетом совокупности зафиксированных амплитуд.

Поясним, какие характеристики могут быть у такого алгоритма, в таблице.

– Алгоритм 2 – в данном алгоритме можно предусмотреть анализ значения окружающих амплитуд и использовать более «мягкий» водяной знак. То есть, с учетом близлежащих амплитуд к изменяемой амплитуде добавляется дельта с учетом их значений так, чтобы не выделять амплитуду с водяным знаком. В этом случае потребуется список добавляемых дельт и дельт между предыдущей и последующей амплитуд около водяного знака. Незаметность водяного знака может быть нарушена на участках «тишины», когда значение амплитуды не меняется на большом промежутке. Кроме этого, возникают сложности при добавлении дельты, так как изменение может нарушить структуру следования амплитуд. Таким образом может потребоваться более глубокий анализ.

– Алгоритм 3 – это тот же алгоритм 2, но с добавлением эталонной записи, по которой определяется изменяемая дельта. При этом участки тишины могут быть исключены. Для обнаружения требуется эталонная запись и эталонные параметры для этой записи звука. Эталонная запись позволяет обнаружить факт перезаписи через внешние устройства, т. к. при сравнении обнаружатся внешние помехи, которые невозможно «экранировать» и скорректировать после записи.

– Алгоритм 4 (помехо-вносящий) – требует внесения помех и алгоритма устранения таких помех. В этом случае требуется дополнительное программное обеспечение для возможности воспроизведения.

– Алгоритмы 5 (на структурах) – данный алгоритм и его производные основываются на структуризации потока амплитуд и конкретном алгоритме восстановления по характерным точкам и количеством отсчетов между ними. Главное преимущество такого алгоритма в обоснованном внесении изменений при нанесении водяного знака при наличии знания структуры и возможность практически

тотального внесения водяных знаков в каждую структуру. Единственной платой за преимущества это обязательность эталона. Но возможно и его отсутствие при условии хранения звука в структурированном виде и наличие программы восстановления с контролем водяных знаков. Безусловно, такие возможности приводят к усложнение алгоритма и соответственно увеличение времени обработки при обнаружении нанесенных водяных знаков. Но вот при воспроизведении ничего не меняя возможно качественное воспроизведение звукового потока. Далее рассмотрим, как же наносить водяные знаки в условиях структуризации звукового потока амплитуд.

Таким образом, можно составить таблицу требований для сопоставления использования возможных алгоритмов нанесения водяных знаков.

В табл. 1 для большинства стилей указано, когда они должны использоваться.

Таблица

Требования для алгоритмов нанесения водяных знаков

Требования \ Номер алгоритма	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Отсутствие требования эталонной записи (Узнавание на лету)	Не требует	Не требует	Требует	Не требует	
Невозможность обнаружение вмешательства	Возможно	Возможно	Обнаруживает	Возможно	Возможно
Обнаружение внешней перезаписи	Невозможно без эталона	Невозможно без эталона		Возможно	Возможно
Качество воспроизведения	Пониженное	Лучше по отношению к 1	Лучше по отношении ко 2	Исходное	Близко к исходному

Окончание таблицы

Неузнаваемость знака	Узнаваем везде	Узнаваем на участках «тишины»	Практически не узнаваем	Узнаваем	Тотально узнаваем
Временные показатели на внесение	Отличные	Хорошие	Средние	Ниже среднего	Не критичные
Вариация параметров водяного знака и частоты появления	Возможны	Только частота	Возможны	Возможны	Возможны
Наличие дополнительной программы перед воспроизведением	Не требует	Не требует	Не требует	Требует	Можно без неё

2. Нанесение водяного знака на основе структуризации входного потока амплитуд

Недостатком алгоритмов 1-4 состоят в том, что спонтанное нанесение водяных знаков без учета окружения вносит не контролируемое искажение в информационное содержание (в структуру) звукового потока, что затрудняет возможность априори определить, как это скажется на воспроизведении звука ввиду неопределенности (случайности) потока, на который накладываются водяные знаки.

Выходом из данной ситуации является структуризация входного потока, а затем его восстановление на основе характерных точек. В процессе восстановление как раз и возможно внесение водяного знака в рамках одной структуры, которое не изменяет сущности структуры на качественном уровне, но отличается количественно. При воспроизведении такое изменение не повлияет на качество восприятия звука. А если требуется продемонстрировать водяные знаки, то запускается программа сравнения с эталоном или же эталон-структура восстанавливается, без внесения водяных знаков, что позволяет получить такой же эталон записи.

Возникает еще вопрос перезаписывания аудио информации через микрофон. Сразу следует сказать, что попытка записи через внешние устройства существенно изменит структуру звукового потока, так как такая запись предопределяется окружающим фоном, вносящим дополнительную информацию или даже изменяющим существующую информационную составляющую потока амплитуд. Здесь, прежде всего, следует ориентироваться на фрагменты «тишины». Исходя из теоретических выкладок, которые следует подтвердить экспериментально, на достаточно большом количестве структур, всё же, наличие водяных знаков может быть обнаружено. При более глубоком анализе при сравнении структур можно повысить точность и увеличить объем выявленных водяных знаков. Основанием этому служит независимость внесения водяного знака от места положения, а зависимость от сущности и параметров структуры. В большей степени здесь всё определяет структура, как главная основа информационного содержания и топологически не зависимая от количественных характеристик.

Введем некоторое количество понятий и обозначений, на основе которых будем вести наши рассуждения.

Водяной знак – измененное значение амплитуды, отличающееся от исходного значения.

Координата водяного знака – местоположение измененной амплитуды.

Интервал водяного знака – количество отсчитываемых амплитуд для нанесения следующего водяного знака

Частота появления водяного знака – количество водяных знаков на единицу времени.

Характерные точки – точки близкие к точкам экстремума выявляемые в ходе установки отношений между значениями амплитуд.

Характерная окрестность нанесения водяного знака – область значений амплитуд между характерными точками, получаемая в результате восстановления потока амплитуд по выбранному алгоритму.

3. Обозначения характерных окрестностей водяной точки

Обозначим следующие параметры:

1. Амплитуда характерной первой точки – S_a;
2. Амплитуда характерной второй точки – S_b;
3. Значение амплитуды водяного знака – S_v или S_v^t;
4. Значение исходной амплитуды – S^t;

5. Дельта изменения исходной амплитуды – $\Delta^t = S_v^t - S^t$;

6. Координата водяного знака, соответствующая отсчету – t.

При структуризации потока амплитуд можно получить фрагменты, которые позволяют нам фиксировать участки между характерными точками, изображенные на рисунках 1-3. Фактически у нас имеется начальная точка S_a, далее указывается количество отсчетов до следующей характерной точки – S_b, а затем указывается значение амплитуд для этих точек. Эта информация является входной для процедуры восстановления промежуточных значений. Именно на этих участках можно фиксировать водяной знак.

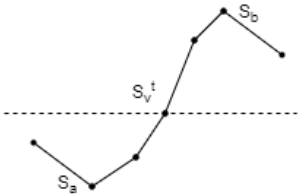


Рис. 1. Возможный случай характерной области водяного знака при отношении параметров «меньше»

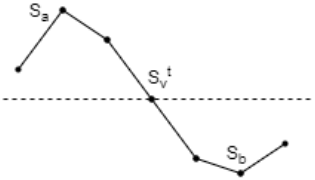


Рис. 2. Возможный случай характерной области водяного знака при отношении параметров «больше»

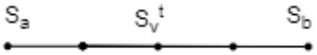


Рис. 3. Возможный случай характерной области водяного знака при отношении параметров «равно»

Но перед этим следует отметить, что значение промежуточных точек может быть получено множеством способов, а значит иметь отличающиеся, но ненамного, промежуточные значения. Следует также заметить и то, что эти значения также могут отличаться от значений исходных амплитуд. Но в этом случае полученный, восстановленный

файл при повторной структуризации и при неизменном алгоритме восстановления будет иметь уже только совпадающие значения со значениями амплитуд до такой структуризации. Таким образом, мы имеем два варианта установления условного водяного знака:

– Через полное соответствие восстанавливаемых параметров при использовании не оригинала, а записи, прошедшей структуризацию и восстановление

– Через использование отличающихся алгоритмов восстановления и исходных параметров восстановления (различные варианты таблиц SIN) и далее, как в предыдущем пункте. Параметры, указывающие на номер алгоритма или номер таблицы, являются аналогами водяных знаков (один на всех).

4. Внесение изменения в промежуточные значения

Дальнейшее расширение использования характерных окрестностей для водяного знака состоит в том, что при обращении к процедуре восстановления мы дополнительным параметром указываем, что необходимо скорректировать одно или несколько из промежуточных значений. Величину добавляемой дельты не имеет смысла указывать, так изменение не должно нарушить структуру данного участка. Тем более, что небольшое изменение делает практически неотличимым его от соседних значений. Номер отсчета t в параметрах не указывается, а предполагается, что любое промежуточное значение между S_a и S_b. Значение $\Delta^t = S_v^t - S^t$ должно либо быть очень маленьким, допустим плюс 1, либо не выходить за пределы, нарушающие структуру волны. Исходя из теоретических соображений, наиболее подходящие точки для нанесения водяных знаков вблизи нуля. При этом можно использовать дублирование исходя их симметричности функции. Наиболее критической ситуацией может быть такая ситуация, когда Δ между значениями амплитуд равна единице. Как правило, это происходит при затухании волны или при наличии фона с небольшой энергетической составляющей. Такая волна, как правило, не несет осмысленную информацию. Здесь два выхода:

– Изменить один параметр и получить ступеньку;
– Пропустить такую ситуацию и перейти к следующему фрагменту.

Второй вариант предпочтительней, так выявляется при анализе и не нарушается структуры потока.

Отдельный вопрос, который касается рисунка на фрагменте рис.3. Здесь также можно поступить как в предыдущем случае, но при

изменении добавлять дельту для всех промежуточных значений, кроме крайних, тогда получим картину, представленную на рисунке 4.

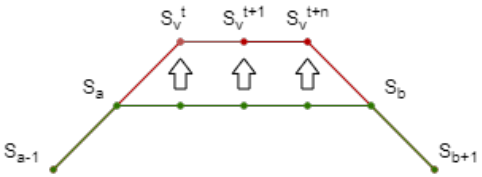


Рис. 4. Изменение значений фрагмента «тишины»

Таким образом, у нас появляется алгоритмы:

– На каждом из фрагментов вносится водяной знак по умолчанию.

– Вносится водяной знак там, где это возможно по умолчанию.

– Вносится водяной знак по указанию.

Кроме этого, чередование указанных параметров на внесение такого знака, можно использовать, как битовую последовательность из 0 и 1, т. е. 0 – без водяного знака, и 1 – с водяным знаком. Таким образом, можно закодировать достаточно длинные последовательности. Так, например, на 22000 отсчётов приходится не менее 2000 таких фрагментов. (2000/8=250 байт, три полные строки текста), а это всего лишь 1 секунда записи звука.

Список литературы

1. Aree A. Mohammed, Modified Phase Coding Audio Watermarking Resistant to Signal Attacks / Aree A. Mohammed, Diman M. Mohammed // International Journal of Computer Applications. – 2014. – Т. 92, № 2. – С. 1–6.

2. Мелентьев П. В. Приближенные вычисления / П. В. Меленьтев; М. : Госиздательство физматлитературы, 1962. – 388 с.

3. Балакирев, Н. Е. Качественная оценка и мера при распознавании информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев // Материалы XIX Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1435- 1440.

4. Фадеев М. М. Применение логико-лингвистического подхода при передачи звуковых данных / М. М. Фадеев, Н. Е. Балакирев, М.В.Фадеева // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» (Москва, 23-27 ноября 2020 г.). – Москва, 2020. – С. 320-321.

Задача управления защитой информации в информационных системах специального назначения

Р.А. Хворов, e-mail: khvoroff@rambler.ru [1]
С.В. Скрыль, e-mail: zi@bmstu.ru[2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] МГТУ имени Н.Э. Баумана

Аннотация. *В статье рассмотрен вопрос управления защитой информации в информационных системах специального назначения в разрезе решения оптимизационной задачи распределения функционального ресурса системы*

Ключевые слова: *Управление защитой информации, информационные системы, распределение ресурса*

Введение

Понятие безопасности информации характеризует состояние защищенности информации и является ее характеристикой [1]. Среди свойств этой характеристики выделяется свойство «варьируемости», вследствие случайного характера проявления угроз нарушения конфиденциальности, доступности и целостности информации, а также вследствие ограниченных возможностей механизмов защиты информации по реагированию на такого рода угрозы. «Варьируемость» безопасности информации как ее характеристики обусловливает возможность влияния на ее управляемые параметры, к которым относятся параметры механизмов защиты информации, с целью максимизации ее величины.

Реализация механизмов защиты информации

Реализация функции управления безопасностью информации такой системы как информационные системы связана с рядом специфичных особенностей, обусловленных априорной неопределенностью условий функционирования информационные системы различного назначения как системы, в интересах которой реализуются механизмы защиты информации, а также неопределенностью, связанной со случайным характером воздействия угроз безопасности информации и реакции механизмов защиты на такого рода угрозы. Подобные неопределенности препятствуют получению адекватной и формализуемой модели

© Хворов Р. А., Скрыль С. В., 2021

обеспечения защищенности информационных процессов в этих системах, необходимой для реализации алгоритмов управления.

В связи с этим задача реализации процесса управления защитой информации в информационных системах специального назначения при отсутствии формальных моделей объекта и среды является специфичной задачей управления [2] и характерна для такого класса систем как информационные системы.

Для формализации указанных моделей в соответствии с классическими принципами управления организационно-техническими системами [3] предположим, что механизм защиты информации в информационные системы, как объект управления должен функционировать с целью максимизации своего показателя эффективности. В этой связи целевая функция управления определяется исходя из нахождения максимально эффективного состояния механизма защиты информации, а функция ограничений определяется исходя из минимально допустимой величины объема отвлекаемого функционального ресурса, необходимого для реализации этих механизмов. В связи с чем, управление механизмом защиты информации в информационных системах, определяется через задание цели и способа ее достижения.

В чисто технических системах, управление рассматривается как однокритериальная задача оптимизации в обстановке помех, в процессе которой состояние объекта изменяется так, чтобы его показатель качества стремился к экстремальному значению независимо от изменений среды. В общем случае требование оптимизации по заданному (единственному) критерию формулируется как процесс изменения на основе текущей информации параметров и структуры системы, а также управляющих воздействий с целью достижения ее оптимального состояния при начальной неопределенности и изменяющихся условиях функционирования.

В отличие от задач однокритериальной оптимизации, для организационно-технических систем, таких как механизмы защиты информации в информационных системах, характерен набор критериев, которые могут быть, как качественными, так и количественными, при этом один и тот же показатель в разных критериях может выполнять роль целевой функции и функции ограничений. Это обуславливает возможность варьирования набором таких критериев в зависимости от потребностей в обеспечении защищенности информации в информационных системах и отвлекаемых для этого ресурсов. Вместе с тем уникальность и динамичность информационных систем специального назначения, а также специфичность потребностей в

защите не столько информации, сколько информационных процессов, и как следствие этого, специфичность структуры и параметров механизмов защиты информации как объектов управления не позволяет сформировать регулярную формальную систему критериев оценки состояния защищенности информационных процессов в информационных системах, основанной на объективно измеряемых показателях. Отсюда и само определение набора критериев управления является оптимизационным процессом и является отдельной задачей управления.

С учетом особенностей информационных систем специального назначения, управление защищенностью его информационных процессов можно определить как целенаправленное изменение структуры и параметров механизмов защиты информации, содержание которого состоит в определении критериев их функционирования и условий выполнения этих критериев. В итоге, в процессе управления необходимо первоначально варьировать критериями функционирования механизмов защиты информации, по которым впоследствии можно оценивать защищенность информационных процессов.

Для механизмов защиты информации как объектов управления характерны следующие варианты реализации его алгоритмов:

– реализация алгоритма управления механизмами защиты при фиксированном критерии;

– варьирование критериями при фиксированном алгоритме управления;

– изменение целей управления, предполагающее алгоритм управления, реагирующий на изменение условий использования механизмов защиты, которые, в свою очередь, является следствием постоянного изменения условий функционирования информационной системы.

Заключение

Таким образом, с учетом того, что последний вариант лежит за пределами общесистемных подходов в случае повышения защищенности информационных процессов в информационных системах, вследствие специфичности такой системы, он является одним из основных способов совершенствования механизмов защиты информации.

Список литературы

1. Минаев, В. А. Основы информационной безопасности: учебник для высших учебных заведений МВД России / Под ред. В.А.Минаева. – Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2001. – 464 с.

2. Информационная безопасность систем организационного управления. Теоретические основы. В 2 томах. Том 1. – М.: Наука, 2016. – 496 с.

3. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / Под редакцией А.А. Большакова – М. : Горячая линия – Телеком, 2016. – 160 с.

Секция 4

Информационные системы и базы данных

Общее понятие телекоммуникационной услуги и ее качества в современных руководящих документах отрасли

К. А. Батенков, email: pustur@yandex

Академия Федеральной охраны Российской Федерации

Аннотация. *В работе представлено общее понятие телекоммуникационной услуги и ее качества в современных руководящих документах отрасли. Даны определения основных понятий, касающихся телекоммуникационных услуг, операторов связи, непосредственно процедуры предоставления услуги и качества.*

Ключевые слова: *сети связи, качество, телекоммуникационная услуга, терминология, оператор связи.*

Введение

Телекоммуникационная услуга по существу разрабатывается для выполнения одной или нескольких самодостаточных функций, выражаемых в определенном способе удовлетворять потребности пользователя и поставщика в заданных условиях [1]. Каждая из функций передает или преобразует данные. Метод выполнения, содержание и тип данных характеризует функцию, которая может быть реализована с различной результативностью. Услуги могут иметь определенную иерархию, когда одна или несколько из них оказываются составляющими расширенной услуги.

1. Телекоммуникационные услуги

Услуга – непосредственное взаимодействие исполнителя и потребителя услуги, а также собственные действия исполнителя, направленные на удовлетворение соответствующей потребности потребителя [2].

Услуга связи – услуга, заключающаяся в приеме, обработке, хранении, передаче и доставке сообщений электросвязи или почтовых отправлений [2].

Услуга электросвязи – услуга, заключающаяся в приеме, обработке, хранении, передаче и доставке сообщений электросвязи [3].

Услуга электросвязи (telecommunication service, телекоммуникационная услуга) – обеспечение электросвязи и предоставление других дополнительных услуг, тесно связанных с

© Батенков К. А., 2021

обеспечением электросвязи, таких, например, как выставление счетов, службы каталогов [4].

В документах международных организаций по стандартизации в области электросвязи, таких как Международный союз электросвязи (МСЭ – ITU – International Telecommunication Union), Европейский Институт по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI – European Telecommunications Standards Institute) обычно используется сокращенная версия термина – просто *услуга (service)*, или *обслуживание* [1, 5]. При этом под услугой подразумевается более абстрактное понятие – набор функций, предоставляемых пользователю организацией, обеспечивающей данную услугу [5], либо средства, способствующие доставке ценностей потребителю и приводящие к удовлетворению его потребностей [1]. В любом случае услуга (обслуживание) в общем случае не осязаема, то есть не имеет физического воплощения, а, кроме того, услуга может предоставляться провайдеру услуг другим поставщиком, группой операторов или же пользователем, выступающим в роли поставщика.

Телекоммуникационная услуга предлагается на рынок поставщиком в форме коммерческого предложения с точным описанием, включающем детализированные контрактные характеристики со специализированными параметрами, определяющими ее частные свойства [1].

2. Операторы связи

В Российских стандартах [2] и [3] выделяют следующие *субъекты оказания услуг связи*:

исполнитель услуги – предприятие, организация или предприниматель, оказывающий услугу потребителю;

потребитель услуги – физическое или юридическое лицо, получающее, заказывающее или имеющее намерение получить или заказать услугу для собственных нужд;

оператор связи – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, оказывающий услуги связи на основании соответствующей лицензии;

абонент – пользователь услуг связи, с которым заключен договор об оказании таких услуг при выделении для этих целей абонентского номера или уникального кода идентификации;

пользователь услуг связи – физическое или юридическое лицо, заказывающее и/или использующее услуги связи.

В рекомендациях ITU [5] и ETSI [6] вводятся два типа операторов связи:

оператор сети (*провайдер сети*, *поставщик сетевых услуг*, *network provider)* – организация, которая владеет сетью электросвязи с целью транспортирования носителей (данных, запросов, информации) услуг электросвязи, по сути, это организация, которая эксплуатирует сеть для создания услуг электросвязи, если подобная организация предоставляет услуги, она также становится и поставщиком услуг;

поставщик услуг (*сервис-провайдер*, *провайдер услуг*, *service provider*) – организация, предоставляющая услуги пользователям и абонентам, при этом она не обязательно является оператором сети.

3. Предоставление телекоммуникационных услуг

Современные телекоммуникации, построенные в соответствии с концепцией сетей связи следующего поколения (NGN – Next Generation Network) являются сетями с пакетной коммутацией, а предоставление услуг организуется на основе специальных программных средств – приложений, или прикладных программ.

Приложение (*прикладная программа*, *application*) – компьютерная программа, разработанная для выполнения определенных задач [7].

В общем случае приложения отличаются от системного программного обеспечения, программ-утилит и компиляторов языков программирования и могут быть подразделены на автономные и сетевые приложения. *Автономные приложения* запускаются с жесткого диска отдельного компьютера, вследствие чего только один пользователь в данный момент получает доступ к подобным приложениям. *Сетевые приложения* выполняются на компьютерах, подключенных к сети, и могут быть совместно использованы одновременно несколькими потребителями. Кроме того, современные сетевые приложения позволяют обеспечить взаимодействие между различными пользователями сети.

Вообще получается интересная картина – перспективные сети связи, по сути, оказываются всего лишь инфраструктурой для обеспечения доступа пользователей к сетевым приложениям, которые, в свою очередь, предоставляют определенный набор услуг. В результате, даже в некоторых рекомендациях и стандартах, термины «услуга» и «приложение» отождествляют, что является не совсем корректным, но достаточно распространенным допущением.

Подобные приложения (здесь и далее будет идти речь про сетевые приложения) включают в себя электронную почту, просмотр страниц в Интернет, потоковое видео, сетевые игры, пиринговый обмен файлами, телевидение по Интернет, удаленный доступ и многое другое. Данные приложения называются распределенными, поскольку они покрывают множество конечных систем, обменивающихся информацией друг с

другом. Важным является следующее – приложения выполняются на оконечных терминалах, но не на маршрутизаторах, коммутаторах, или других устройствах ядра сети.

Две услуги с похожими свойствами, но имеющие различные значения параметров, указанные в контракте, предлагаются пользователям как два разных предложения [1]. Например, более дешевый тариф мобильной связи может отличаться от стандартных только отсутствием службы технической поддержки, оператором которой является человек, а не автоматизированная система.

Коммерческие предложения услуг (конечный продукт) включают в себя набор сервисов, которые удовлетворяют потребности определенной категории пользователей на основе средств, обладающих в разной степени гибкостью, безопасностью и дружественностью. Предложения могут содержать фиксированный или переменный ряд сервисов, причем некоторые из них требуют дополнительной оплаты. В результате, пользователь может выбрать тот тариф, который наилучшим образом соответствует его потребностям.

Отметим, что обычно термин услуга используется в широком смысле, то есть подразумевает одновременно и отдельный сервис и сразу набор сервисов.

Коммерческое предложение услуги включает все сервисы, определяющие взаимоотношения между пользователем и поставщиком и критичные с точки зрения общего качества этой услуги.

4. Терминология качества

Свойство (*property*) – это объективная особенность объекта (в данном случае услуги или приложения), зависящая от его строения и характеризующая отдельную его сторону (аспект) [8].

Характеристика (*characteristic*) – свойство, помогающее проводить различие между отдельными элементами заданной совокупности (услуг, приложений) [5]. Дифференциация может быть количественной (с помощью переменных) или качественной (с помощью атрибутов).

Качество (*quality*)– совокупность характеристик объекта, которые имеют отношение к его возможности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности [5].

Характеристики (качество) должны поддаваться экспериментальной оценке и/или измерению. Когда характеристики (качество) определены, они становятся параметрами и выражаются показателями (метриками) в единицах измерения.

Параметр (в технике) – величина, характеризующая какое-либо свойство (в том числе характеристику и качество) процесса, явления,

системы, технического устройства (в данном случае, услуги, приложения, сети) [9].

Объективные (*количественные*) *параметры* – параметры, которые поддаются измерению (с использованием приборов или наблюдений) и которым значение показателя присваивается в количественной форме.

Субъективные (*качественные*) *параметры* – параметры, которые могут быть выражены с использованием человеческого суждения и понимания. Качественные параметры выражаются с помощью оценки мнений, например, эргономическое качество мобильной телефонной трубки (фактор «комфорта») может быть выражено с помощью шкалы оценок.

Первичный параметр (*primary performance parameter*) – параметр, определяемый на основе прямых наблюдений событий в точках доступа к обслуживанию или на граничных элементах соединений.

Вторичный параметр (*derived performance parameter*) – параметр, определяемый на основе наблюдаемых значений одного или более первичных параметров и порогов принятия решения для каждого соответствующего первичного параметра.

Показатель (*метрика*, *индикатор*, *metric*, *indicator*) – значение параметра, рассчитанное исходя из наблюдаемого атрибута единицы измерения.

Мера (*измерение*, *measure*) – единица, с помощью которой может быть выражен параметр.

Например, если параметр время задержки равно пяти секундам, то пять является показателем (метрикой), а секунда – мерой (единицей измерения).

Необходимо провести различия между качеством функционирования и обслуживания [1]. Практически всегда возможно выделить набор параметров, относящихся к различным аспектам услуг и выбрать соответствие между их значениями и интервалом наблюдения. Это позволяет оценить только технические характеристики в соответствии с используемыми критериями, но не характеристику услуги в целом [10–17].

Следует подчеркнуть, что ключевой особенностью любой телекоммуникационной услуги является необходимость использование как минимум двух окончаний на сторонах пользователей. В результате обе стороны могут оказывать влияние на качество услуги, а, следовательно, их учет при анализе чрезвычайно важен. Кроме того, поскольку телекоммуникационные услуги являются высокотехнологичными и воспринимаются пользователями комплексно, то психологические аспекты оказываются критичными при оценке

качества услуг. В итоге удовлетворенность потребителей – это результат восприятия качества, вытекающий из сравнения их ожиданий с реально наблюдаемыми фактами.

Список литературы

1. EG 202 009-1. User Group; Quality of telecom services; Part 1: Methodology for identification of indicators relevant to the Users. – v. 1.3.1. – 2014–12. – Sophia Antipolis : ETSI, 2014. – 49 p.
2. ГОСТ Р 53724–2009. Качество услуг связи. Общие положения. – Введ. 2011–01–01. – М. : Стандартинформ, 2011. 12 с.
3. ГОСТ Р 53731–2009. Качество услуг связи. Термины и определения. – Введ. 2011–01–01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 8 с.
4. Rec. E.802. Framework and methodologies for the determination and application of QoS parameters. – 2007–02. – Geneva : ITU-T, 2007. – 38 p.
5. Rec. E.800. Definitions of terms related to quality of service. – 2008–09. – Geneva : ITU-T, 2009. 30 p.
6. ETR 003. Network Aspects (NA); General aspects of Quality of Service (QoS) and Network Performance (NP) – Second Edition – 1994–10. – Sophia Antipolis : ETSI, 1994. – 30 p.
7. Dictionary of Networking. – 2000. – 465 p.
8. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов : Часть I. Методология, методы, модели: учебник / Г. Б. Петухов. – Министерство обороны СССР, 1989. – 660 с.
9. Большая советсткая энциклопедия / гл. ред А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Советская энциклопедия, 1975. – Т. 19. – 647 с.
10. Батенков, К. А. Общие подходы к анализу и синтезу структур сетей связи // Современные проблемы телекоммуникаций: Материалы Российской научно-технической конференции. 2017. С. 19–23.
11. Батенков, К. А. Об анализе живучести сетей связи на основе вероятностного подхода // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с междунароодным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2016. С. 6-8.
12. 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: Т. 1 / Томский политехнический университет. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. С. 30-31.

13. Батенков К. А. К вопросу оценки надежности двухполюсных и многополюсных сетей связи // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2017. – С. 604-608.

14. Батенков К. А. Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. – 2017. – № 4 (53). – С. 5-28.

15. Батенков К. А. Анализ и синтез структур сетей связи по детерминированным показателям устойчивости / К. А. Батенков, А. А. Батенков // Труды СПИИРАН. – 2018. – № 3 (58). – С. 128-159.

16. Батенков К. А. Точные и граничные оценки вероятностей связности сетей связи на основе метода полного перебора типовых состояний // Труды СПИИРАН. – 2019. – Т. 18. – № 5. – С. 1093-1118.

17. Батенков А. А. Методы формирования множеств состояний телекоммуникационных сетей для различныхмер связности / А. А. Батенков, К. А. Батенков, А. Б. Фокин // Труды СПИИРАН. – 2020. – Т. 19. – № 3. – С. 644-673.

Выбор оптимальной базы данных для работы с графом

И. В. Гражданкин, email: grazhdankin.i.l@yandex.ru
С. В. Власов, email: svv@cs.vsu.ru
А. В. Чавдаров

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Тестирование и анализ полученных результатов сравнения графовых баз данных Neo4j и Sparksee в контексте работы с социальным графом.*

Ключевые слова: *граф, NoSQL, графовые базы данных, Neo4j, Sparksee.*

Введение

В последние годы происходит стремительный рост интереса к системам хранения и обработки графовых данных.

Графовые базы данных используются для хранения взаимосвязей сущностей и навигации в них. Взаимосвязи в таких базах данных являются главной ценностью этих баз данных. Узлы используются для хранения сущностей данных, а ребра для хранения взаимосвязей между сущностями. Ребро всегда имеет исходный узел, конечный узел, тип и направление. Ребра могут описывать взаимосвязи типа «родитель-потомок», действия, права владения. Существуют ограничения на количество взаимосвязей, которое может иметь узел.

Обход графа в графовой базе данных можно выполнять либо по определенным типам ребер, либо по всему графу. Обход соединений или взаимосвязей в графовых базах данных выполняется очень быстро, поскольку взаимосвязи между узлами не вычисляются во время выполнения запроса, а хранятся в базе данных. Графовые базы данных имеют ряд преимуществ в таких примерах использования, как социальные сети, сервисы рекомендаций и системы выявления мошенничества, маршруты перевозок, дорожные карты, когда требуется создавать взаимосвязи между данными и быстро их запрашивать.

Целью настоящей работы является тестирование и анализ скорости выполнения запросов для двух реализаций графовых баз данных Neo4j и Sparksee.

© Гражданкин И. В., Власов С. В., Чавдаров А. В., 2021

1. Выбор базы данных для работы с графами

Для работы с графами можно использовать обычные реляционные базы данных[8]. Загрузить графы в виде пары ребер при достаточном количестве внешней памяти проблем это не вызовет. Но при сценарии обхода графа, получения подгрупп или выполнение любой другой аналитической операции могут возникнуть проблемы[9].

Использование NoSQL[10] для хранения графа и выполнения аналитических операций обладает существенными преимуществами.

Подгруппой NoSQL хранилищ являются графовые базы данных[11], которые были специально разработаны для хранения графов.

В данной работе для проведения экспериментов и анализа использовалась эмуляция социального графа[12]. Сегодня взаимосвязи между пользователями в социальных сетях больше несколько сотен миллиардов[13]. Для связей в графах используют ребра, поэтому в тестах будет увеличиваться количество ребер. Тестирование проводилось на базе данных Neo4j, так как:

- самая распространенная база данных
- имеет общирный функционал
- есть бесплатная версия

Вторая база данных для тестирования Sparksee. Основные преимущества:

- заявлена самая высокая производительность
- бесплатная версия для исследований

2. Методология тестирования

Тестовый стенд:

- Intel Xeon X6550 2.0Gz
- 80GB DDR3
- 2Tb hard drive

Настройка Neo4j:

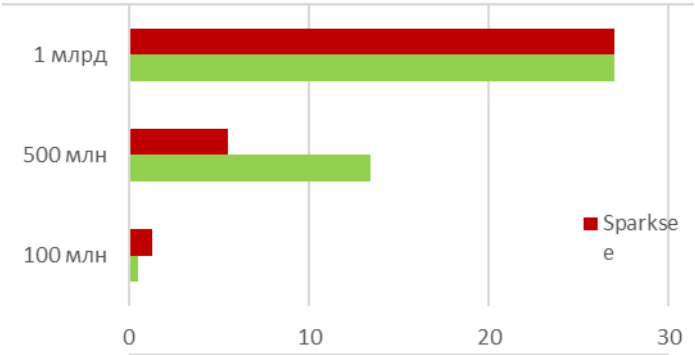
- Version 3.5.11
- Ubuntu 18.04 LTS
- Cache size 60Gb

[8] https://ru.bmstu.wiki/Реляционная_база_данных
[9] https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/324936/
[10] https://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL
[11] https://ru.wikipedia.org/wiki/Графовая_база_данных
[12] https://ru.wikipedia.org/wiki/Социальный_граф
[13] https://www.web-canape.ru/business/vsya-statistika-interneta-na-2019-god-v-mire-i-v-rossii/

Настройка Sparksee:
– Version 5.2
– Ubuntu 18.04 LTS
– Cache size 60Gb

Аналитические запросы:
– Получить всех соседей вершины – простая задача
– Найти кратчайший путь – более сложная задача
– Выполнить обход графа – сложная задача

3. Анализ полученных результатов



	100 млн	500 млн	1 млрд
Sparksee	1,3	5,5	27
Neo4j	0,5	13,4	27

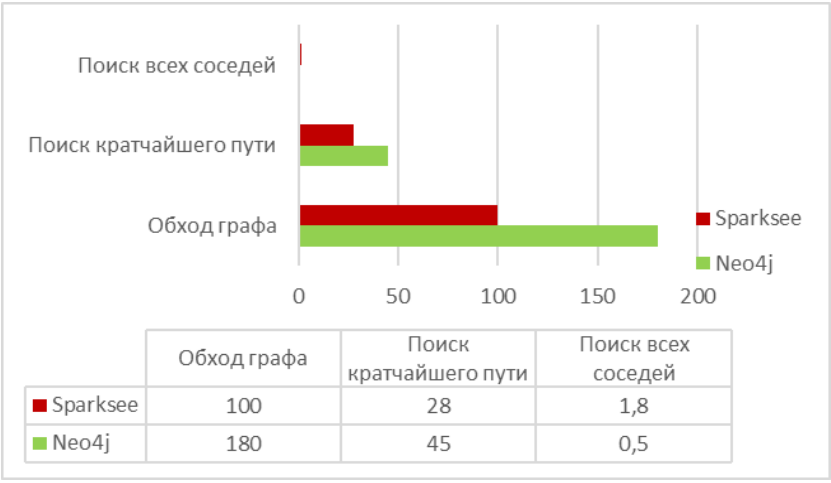
Рис. 1. Время импорта данных

Тестирование проводилось на 3 наборах ребер: 100 млн ребер, 500 млн ребер, 1 млрд ребер. В каждом следующем тесте увеличивали количество ребер, так как количество вершин не бывает так много как ребер – это естественное состояние графа.

Как видно из графика обе базы данных с импортом 100 млн ребер справились быстро, Neo4j чуть менее часа, Sparksee более часа.

На наборе данных из 500 млн ребер появляются проблемы у Neo4j время импорта в два раза больше, чем у Sparksee.

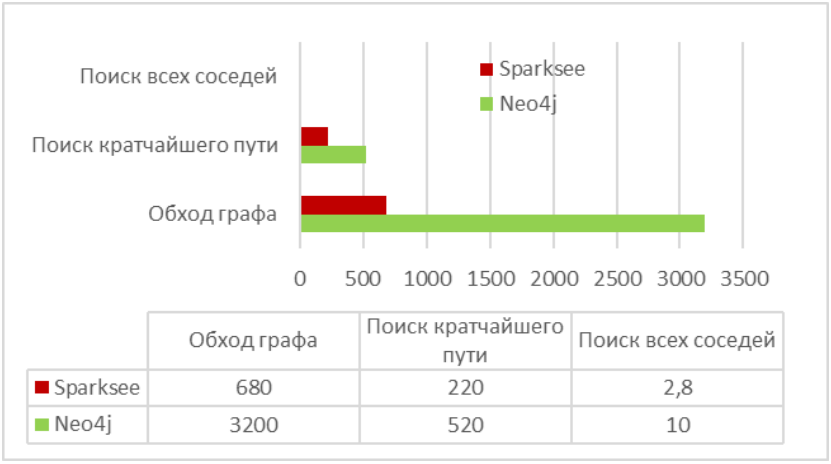
Импорт набор данных из 1 млрд ребер занимает более суток у двух баз данных, поэтому в следующих тестах этот набор ребер не участвовал.



	Обход графа	Поиск кратчайшего пути	Поиск всех соседей
Sparksee	100	28	1,8
Neo4j	180	45	0,5

Рис. 2. Время обработки аналитических запросов 100 млн

Как видно из графика обе базы данных аналитические запросы выполняют относительно быстро. Самая долгая обработка запроса занимает 180 секунд у Neo4j обход графа. Но из графика видно, что Sparksee тратит меньше времени для “Поиск кратчайшего пути” и “Обход графа”. Более простой запрос “Поиск всех соседей” Neo4j выполняет быстрее.



	Обход графа	Поиск кратчайшего пути	Поиск всех соседей
Sparksee	680	220	2,8
Neo4j	3200	520	10

Рис. 3. Время обработки аналитических запросов 500 млн

Как видно из рисунка-3 у Neo4j возникают сложности с обходом графа. Время обхода у Sparksee в 6 раз меньше. “Поиск кратчайшего пути” у Neo4j занимает адекватное время, но с этим же запросом Sparksee справляется в разы быстрее. “Поиск всех соседей” у Neo4j занимает 10 секунд, у Sparksee менее 3 секунд. С легким запросом Sparksee справляется тоже в разы быстрее, чем Neo4j.

4. Выводы по результатам исследований

На основе результатов исследований видно, что разумное время импорта данных получаем если, количество ребер не превышает одного миллиарда.

Sparksee более предпочтительнее так как он более производительнее, чем Neo4j. В основном Sparksee показывает себя более производительнее. Очень хорошо это заметно при выполнении сложных аналитических запросов, и при использовании большой части графа.

Главной характеристикой для высокой производительности графовых баз данных является оперативная память. Поэтому для более быстрой работы с графом, у которого количество ребер превышает один миллиард лучше использовать кластерные решения.

Заключение

В ходе работы были изучены графовые базы данных. Изучены особенности Neo4j и Sparksee. Проведено тестирование этих двух баз данных с различным количеством ребер. После анализа полученных результатов в ходе тестирования можно утверждать, что для работы с большими графами, а социальный граф считается большим графом, лучше использовать Sparksee.

Список литературы

1. Графовые базы данных: новые возможности для работы со связанными данными / Ян Робинсон, Джим Вебер, Эмиль Эифрем. – 2016. – 258 с.
2. Graph Databases in Action / Dave Bechberger, Josh Perryman. – 2020. – 366 с.
3. Neo4j Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://neo4j.com/docs/
4. Sparksee User Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://sparsity-technologies.com/UserManual/Index.html

Разработка генератора тестовых данных

Ж. С. Данилова, email: danilovazhanna9@gmail.com
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается процесс проектирования веб-приложения для генерации тестовых данных для баз данных Oracle. В статье описана функциональность приложения, основные требования, по которым была построена модель данных и спроектирован интерфейс приложения для генерации тестовых данных.*

Ключевые слова: *тестовые данные, Oracle, генерация данных, базы данных.*

Введение

Процесс тестирования ведется в течение всего времени разработки программного обеспечения. Для проверки работоспособности разработанных программных компонентов системы очень часто требуются тестовые денные. Данные не обязательно должны быть реальными, но они должны удовлетворять требованиям структуры, ограничениям и определенным бизнес-правилам.

Вследствие этого, с целью упрощения тестирования были созданы генераторы тестовых данных. Они позволяют генерировать случайные данные по заданным критериям, что значительно ускоряет процесс тестирования и разработки программного обеспечения.

Кроме этого, данные, полученные путем генерации, могут быть использованы и в обучающем процессе. Например, при обучении языку структурированных запросов SQL студенты могут практиковаться на сгенерированных данных.

1. Анализ существующих решений

Наиболее известные сервисы, позволяющие генерировать тестовые данные это: Databene Benerator, Mockaroo, Data Generation for SQL Server (Devart), Faker.

Результаты сравнения перечисленных сервисов представлены в таблице.

© Данилова Ж. С., Матвеева М. В., 2021

Таблица

Сравнительная таблица

Критерии сравнения	Databene Benerator	Mockaroo	Data Generation	Faker
Возможность создавать несколько связанных таблиц	+	-	+	-
Готовые наборы данных	+	+	+	+
Возможность создавать свои наборы	+	-	+	-
Web-приложение	-	+	-	-
Поддержка русского языка	-	-	-	-
Создание шаблона по готовому скрипту	+	-	-	-
Современный дизайн	-	+	+	-
Бесплатный доступ	+	+	-	+
Возможность авторизации для сохранения созданных схем	+	-	+	-

Проанализировав четыре различных сервиса, можно сделать вывод о том, что возможность создания нескольких таблиц поддерживают далеко не все сервисы. Также отсутствует хоть и не критичный, но все же желаемый пункт, как поддержка русского языка.

Кроме того, многие сервисы не поддерживают загрузку и распознавание скриптов с командами создания таблиц (CREATE TABLE), хотя это существенно упростило бы работу, так как создавать таблицы, атрибуты, ограничения с помощью пользовательского интерфейса приложения при большом объеме таблиц трудозатратно.

Также стоит отметить, что веб-приложение намного удобнее в использовании по сравнению с десктопным приложением, так как нет необходимости в установке дополнительного программного обеспечения.

Из рассмотренного следует необходимость создания приложения, которое будет учитывать недостатки существующих сервисов и поддерживать их преимущества.

2. Общая структура и функциональность приложения

Функциональные возможности web-приложения:

– чтение файлов с расширением sql, содержащих команды создания таблиц;
– синтаксический анализ скриптов создания таблиц;
– отображение структуры загруженных таблиц;
– настройка параметров генерации данных;
– генерация данных для нескольких таблиц;
– удаление, добавление, редактирование таблиц;
– генерация первичных ключей;
– генерация sql-команд вставки данных в таблицы;
– сохранение файла с результатом генерации в виде скриптов INSERT в формате sql;
– сохранение в профиле пользователя данных о настройках таблиц для повторной генерации.

3. Интерфейс приложения

Рассмотрим основную функциональность приложения на примере спроектированного интерфейса.

На рис. 1 представлена главная страница приложения, которую пользователь видит при запуске.

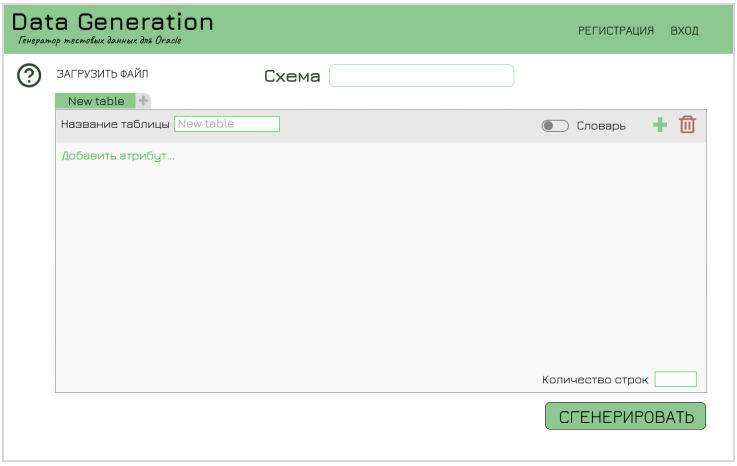


Рис. 1. Главная страница приложения

У неавторизованного пользователя есть возможность генерации данных, однако он не сможет сохранять созданные схемы и при каждом входе ему придется заполнять данные о таблицах и атрибутах на форме заново.

После этого пользователю предоставлен выбор: либо создавать вручную таблицы и атрибуты, либо загрузить скрипт.

Для того, чтобы вручную создавать таблицы пользователю требуется нажать на панели вкладок на значок «+». Затем появится диалоговое окно (рис. 2).

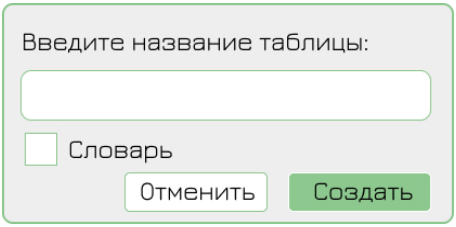


Рис. 2. Диалоговое окно создания таблиц

Существуют два разных типа таблиц: «Словарь» (или справочник) и «Сложная таблица». Это обусловлено тем, что для заполнения их данными требуются разные алгоритмы.

Для того, чтобы загрузить таблицы из файла нужно нажать на кнопку «Загрузить файл» и выбрать нужный файл со скриптами в своей файловой системе.

На рис. 3 представлен фрагмент скрипта с sql-командами.

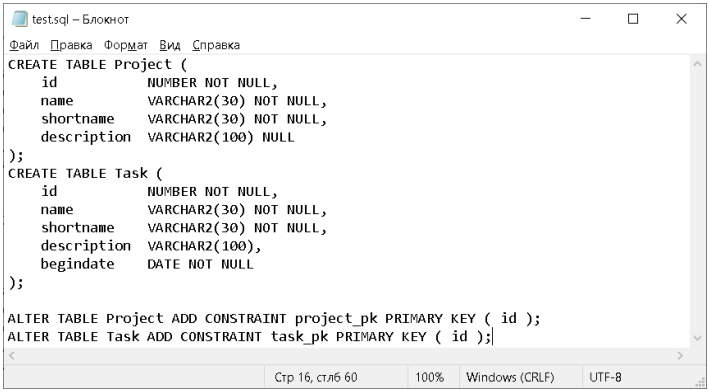


Рис. 3. Скрипт

После загрузки скрипта в приложении автоматически появятся указанные в файле таблицы и атрибуты (рис. 4).

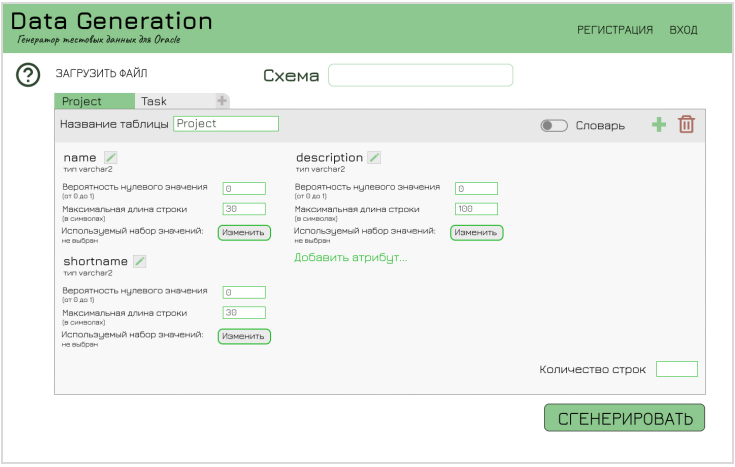


Рис. 4. Загруженные данные

Поле первичного ключа ID автоматически пропускается, так как в целях упрощения алгоритм будет автоматически создавать последовательности для каждой таблицы.

Для того чтобы добавить атрибут нужно либо нажать на кнопку «Добавить атрибут», либо на «+» в правом верхнем углу. Появится следующее модальное окно (рис. 5).

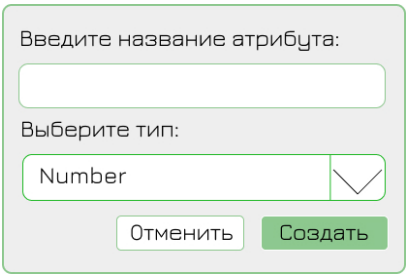


Рис. 5. Модальное окно добавления атрибута

После нажатия на кнопку «Создать» в выбранной вкладке появится созданный атрибут с указанным названием и типом.

После того, как будут указаны все необходимые параметры, требуется нажать на кнопку «Сгенерировать» и автоматически начнется скачивание файла с расширением sql, который будет содержать скрипт с заполнением таблиц.

4. Модель данных

Для реализации была выбрана нереляционная база данных. Выбор обусловлен необходимой потребностью в гибкости (также структура пользовательской базы данных заведомо неизвестна), масштабируемостью и способом хранения данных.

Кроме того, требуется обеспечить сильную вложенность, поэтому была выбрана документно-ориентированная база данных.

На рис. 6 представлена схема модели данных.

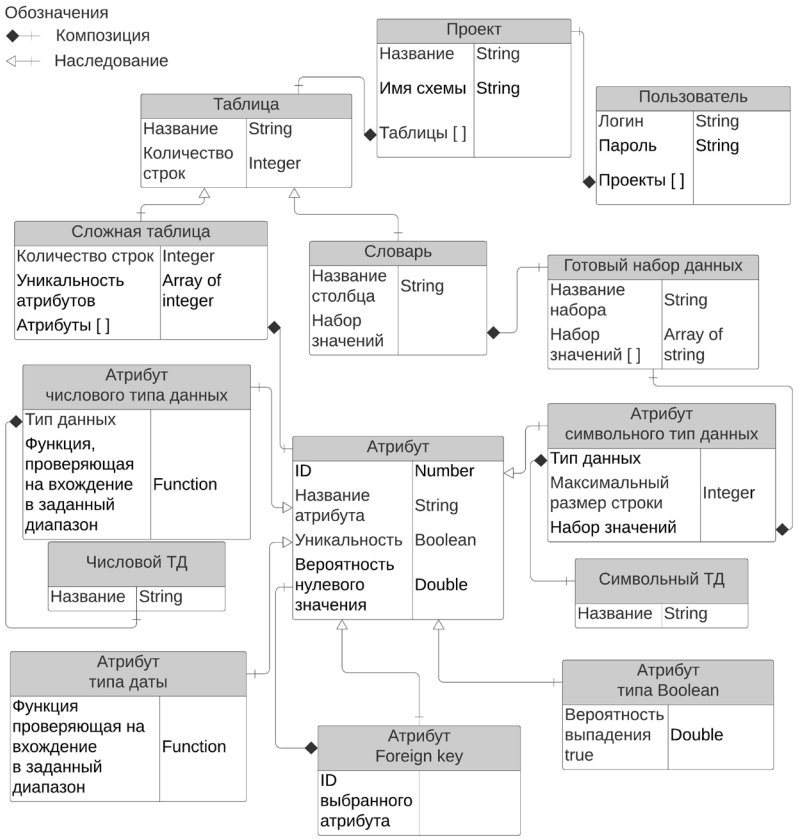


Рис. 6. Схема модели данных

В демонстрационных целях на схеме указаны типы данных.

У каждого пользователя существует набор проектов, которые он может заново использовать, редактировать, удалять, и добавлять новые. Необходимость сохранения обуславливается удобством пользователя.

Каждый проект содержит название, имя схемы и набор таблиц. Таблицы делятся на два типа: сложные (составные, состоят из нескольких атрибутов) и справочники (на схеме обе сущности наследуются от таблицы). Для заполнения их данными используются разные алгоритмы.

Сущность «Атрибут» содержит поле с информацией о первичном ключе ID генерируемой сущности (которое можно использовать в качестве внешнего ключа у других атрибутов), название атрибута, уникальность (ограничение unique) и вероятность нулевого значения (число от 0 до 1). Если стоит ограничение NOT NULL вероятность 0, если нет, то по умолчанию вероятность 0.1.

От сущности «Атрибут» наследуются несколько сущностей, которые отличаются типом данных. Это так же обусловлено потребностью в разных алгоритмах для генерации различных типов данных.

Кроме того, существуют готовые наборы данных. Они нужны для того, чтобы пользователю не приходилось каждый раз писать часто используемые наборы данных, такие как имена, фамилии, города.

5. Архитектура приложения

На рис. 7 представлена общая структура приложения.

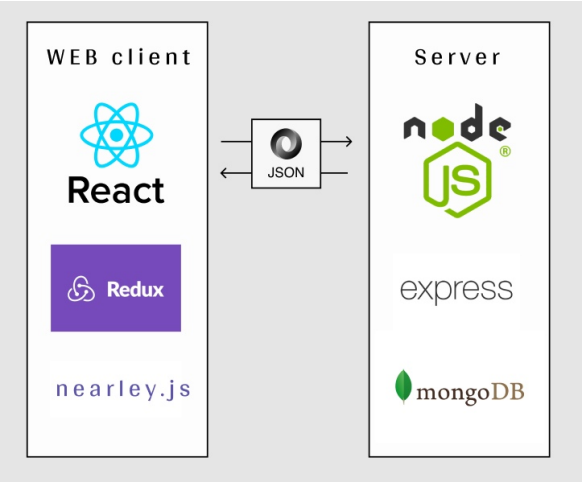


Рис. 7. Структура приложения

Приложение состоит из клиентской и серверной частей.

Клиент – веб приложение, написанное с применением JavaScript библиотеки React, с помощью которой реализуется пользовательский интерфейс.

На клиентской части происходит парсинг пользовательских данных (скриптов CREATE), реализованный с помощью библиотеки nearley.js. Парсер превращает строки символов в осмысленные структуры данных (в данном случае в JSON). В результате формируются с помощью интерфейса данные о структуре пользовательских баз данных, которые сохраняются в Redux хранилище в виде объектов JavaScript, для дальнейшего отображения и модификации.

Непосредственная генерация данных на клиентской части приложения не происходит, только задается конфигурация генерации, использующаяся сервером. Данные между клиентом и сервером передаются в понятном клиентскому приложению формате – JSON.

Сервер – приложение принимающее и обрабатывающее пользовательские запросы на генерацию данных в виде JSON, реализованное с помощью Node.js express, что позволяет использовать JavaScript на стороне сервера и не производить дополнительные преобразования полученных от пользователя данных. Сервер соединяется с базой данных mongoDB, так же использующей JSON, таким образом приложение получается полностью изоморфным. Именно на сервере осуществляется генерация и возврат данных клиенту.

На рис. 8 показана более подробная схема потока данных приложения.

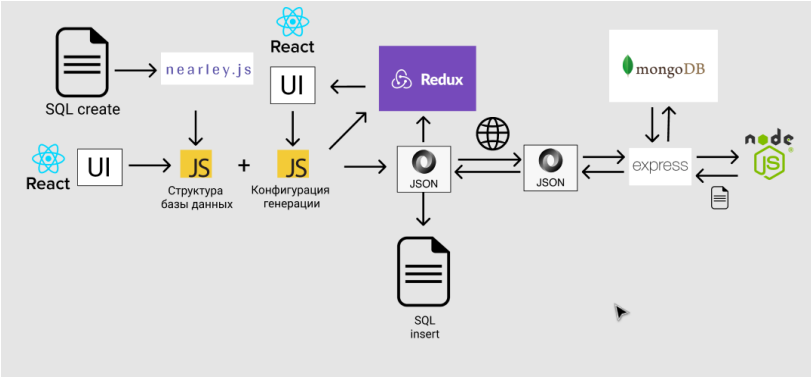


Рис. 8. Схема потока данных приложения

6. Алгоритмы генерации

Генерация данных происходит следующим образом.

Создается файл с расширением SQL, в который сначала записываются строки, создающие последовательности.

Например, для таблицы Project будет сгенерирован следующий текст:

‘CREATE SEQUENCE project_seq MINVALUE 1 MAXVALUE 99999 START WITH 1 INCREMENT BY 1;’

Название последовательности – это название таблицы + “_seq”.

Затем записываются строки с помощью шаблона: ‘INSERT INTO name (column1, column2, …, columnN) VALUES (value1, value2, … valueN);’, в который подставляются указанные пользователем значения (названия таблицы и атрибутов). Первый атрибут всегда ID, для его генерации используются последовательности, созданные выше.

Для генерации справочника, про который известно, что гарантированно, там будет только два атрибута (ID и значение), используется набор данных, выбранный или созданный пользователем. Берутся первые N строк (N указывается пользователем) из набора и записываются в вышеуказанный шаблон.

При генерации составной таблицы используются разные алгоритмы в зависимости от типа атрибута.

У всех алгоритмов есть общая черта: вероятность выпадения NULL. Вероятность указывается числом от 0 до 1. Если стоит ограничение NOT NULL, то вероятность автоматически 0. Также у различных алгоритмов есть уникальность (ограничение unique).

1. Логический тип данных

Самый простой в реализации алгоритм. Указывается только вероятность выпадения истинного значения. Затем возвращается либо ‘Y’, либо ‘N’, так как в Oracle чаще всего принято именно так реализовывать тип Boolean.

Ограничение unique не предусмотрено для логического типа.

2. Символьный тип данных

Создается копия выбранного пользователем набора значений (например, имена, фамилии, названия магазинов) и из этого набора данных удаляются те значения, длина которых превышают указанную пользователем. Затем возвращается случайное значение набора.

Если стоит ограничение unique, то на каждой итерации из набора данных удаляется выбранное значение.

3. Числовой тип данных

Пользователь выбирает тип: целое или с плавающей точкой и указать диапазон значений числа.

В дальнейшем планируется расширить набор ограничений числовых типов.

4. Тип дата и время

Пользователь может указать ограничение для даты и времени.

5. Внешние ключи

Внешний ключ это ID другой таблицы, для упрощения внешний ключ будет случайным числом от 1 до N (количества элементов в другой таблице).

В дальнейшем планируется расширить набор ограничений в зависимых таблицах, например, генерировать дату не раннее, чем дату в таблице, которая связана с первой через внешний ключ.

Заключение

По итогам работы был проведен анализ существующих приложений, на основе полученных данных была определена необходимая функциональность приложения, а также разработаны основные требования, по которым была построена модель данных приложения. Был спроектирован интерфейс сервиса для генерации тестовых данных. Также были разработаны общая архитектура приложения и алгоритмы генерации данных.

Список литературы

1. Алан Купер Интерфейс. Основы проектирования взаимодействии. 4-е издание/ Алан Купер: – Санкт-Петербург: Издательский дом «Питер», 2016. – 719 с.

2. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных / К.Дж. Дейт. – Москва : Диалектика, 2019 – 1328 с.

3. Мюллер, Р. Дж. Базы данных и UML. Проектирование / Р. Дж. Мюллер. − М.: ЛОРИ, 2017. − 420 с.

4. Херрон Д. Node.js Разработка серверных веб-приложений на JavaScript / Д. Хэррон ; пер. с англ. А. А. Слинкина. – Москва : ДМК-Пресс, 2016. – 144 с.

Информационные системы в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия

О. Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru[1]
Д. Н. Смирнов, email:48dimka54@mail.ru[1]
Е.О. Румянцев[1]

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

Аннотация. *В статье рассматривается применение информационных технологий в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия.*

Ключевые слова: *геоинформационные системы и технологии, эксплуатация автомобильного транспорта.*

Введение

Одним из основных векторов развития геоинформационных систем и технологий (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]. Проблемы обеспечения 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 информационных технологий, в частности, ГИС и Т, данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) и навигационных систем. Эта системы уже давно широко используются в морской навигации, воздухоплавании, 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. Принцип измерения ГЛОНАСС аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS [2].

© Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О., 2021

1. Применение геоинформационных систем и технологий 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.

2. Применение геоинформационных систем и технологий 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:

- 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. Геоинформатика / А. Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.

Проектирование информационной системы для детского сада

С. А. Евдокимова, email: evdsv@mail.ru
М. С. Величко, email: miroslav2742797@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. *В данной работе рассматривается разработанная информационная система для детского сада № 188 г. Воронежа. Для этого были созданы функциональные диаграммы IDEF0, описывающие деятельность детского сада, диаграммы потоков данных DFD и реляционная модель данных.*

Ключевые слова: *информационные системы, методология функционального моделирования IDEF0, диаграммы потоков данных DFD, реляционная модель данных, методология IDEF1.*

Введение

В настоящее время хранение сведений о воспитанниках в детском саду № 188 г. Воронежа выполняется в бумажных журналах или разрозненных электронных файлах Microsoft Word и Excel, из-за чего возникают трудности быстрого получения актуальных данных о детях и их родителях.

Современные информационные системы для детских дошкольных учреждений (например, 1С: Дошкольное учреждение, Детский сад: Питание, Детский сад: Здоровье) в основном предназначены для учета сведений о детях, их посещаемости и заболеваемости, организации питания, а их главный недостаток – это цена.

Поэтому разработка информационной системы для детского сада № 188 является актуальной задачей.

1. Анализ предметной области

Жизненный цикл любой информационной системы всегда начинается с анализа предметной области и проведения предпроектного обследования [1]. Результат исследования деятельности детского сада № 188 можно представить в виде функциональной модели в нотации IDEF0, которая представляет собой совокупность иерархически взаимосвязанных диаграмм [2].

Контекстная диаграмма и диаграммы декомпозиции, которые описывают деятельность детского сада, приведены на рис. 1-3.

© Евдокимова С. А., Величко М. С., 2021

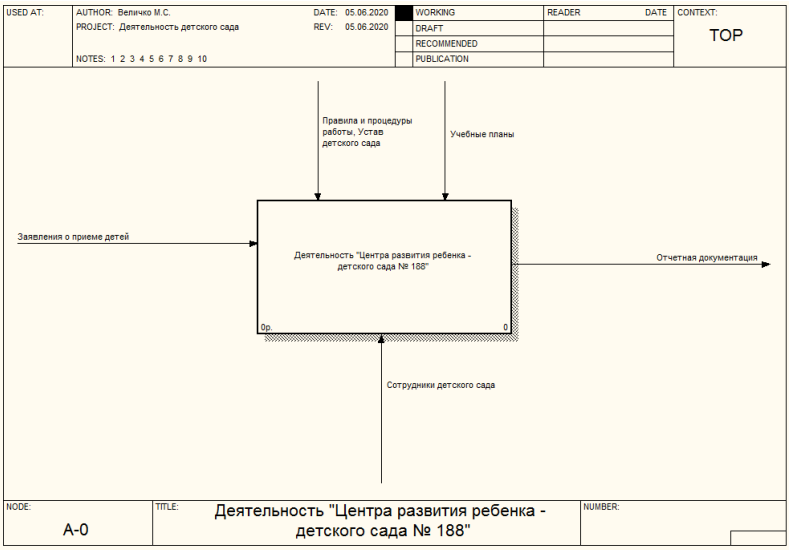


Рис. 1. Контекстная диаграмма

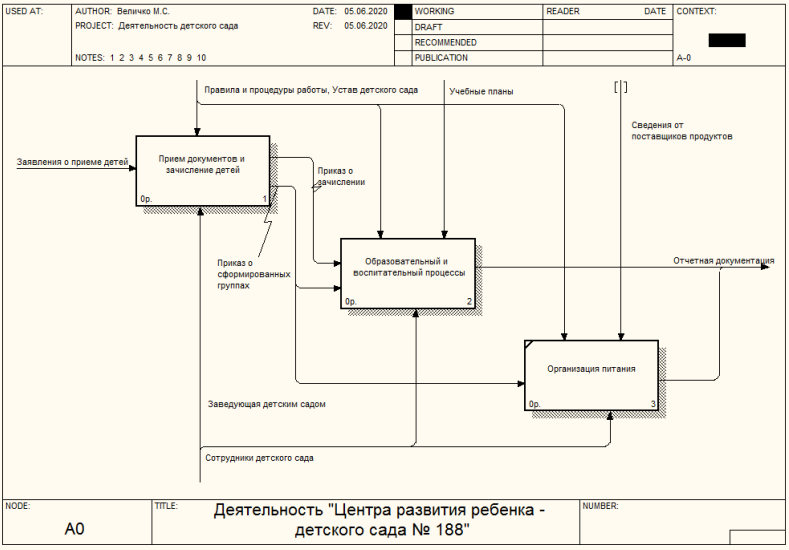


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции A0

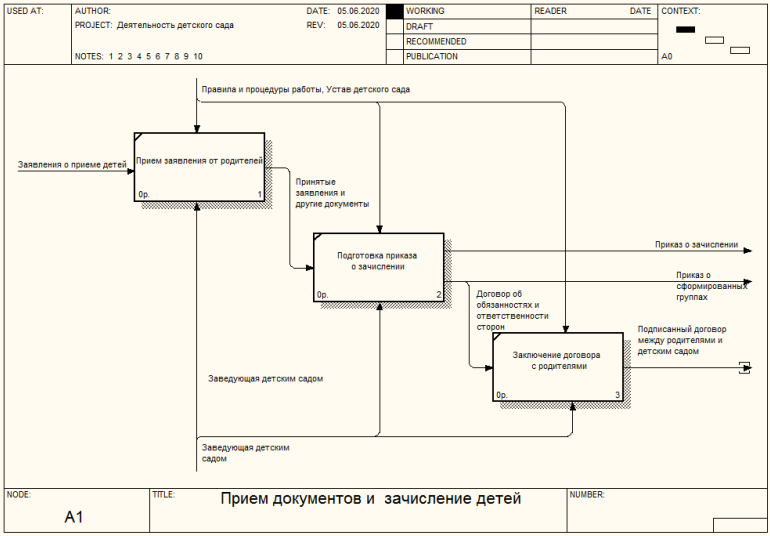


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции «Прием документов и зачисление детей»

Для описания обработки информации используются диаграммы потоков данных (DFD), которые описывают процесс преобразования информации от ее ввода в систему до выдачи пользователю [3]. На рис. 4 представлена диаграмма DFD, на которой показан процесс обработки информации при приеме документов и зачислении детей в детский сад, который выполняется заведующей детским садом. При построении диаграммы DFD выделены хранилища данных, в которых будет сохраняться следующая информация:

1. Сведения о детях и их родителях;
2. Данные о группах;
3. Данные о воспитателях.

2. Проектирование реляционной модели данных

На основе результатов проведенного анализа автоматизируемых процессов обработки информации выполним построение логической модели данных, которое начинается с выделения в предметной области объектов, атрибутов и связей. Для детского сада такими объектами будут: Дети, Родители, Группы и Воспитатели.

Построим логическую модель данных в нотации IDEF1, которая позволяет разработать модель данных, эквивалентную реляционной модели данных в третьей нормальной форме и не зависит от конкретной

СУБД [4]. На рис. 5 приведена логическая модель данных, на которой между сущностями установлены связи, которые относятся к типу «многие ко многим». Данный тип связи может быть только на логическом уровне, на физическом уровне такие связи должны быть преобразованы в связи типа «один ко многим». Такое преобразование включает добавление новой таблицы и двух новых связей от старых таблиц к новой таблице [3].

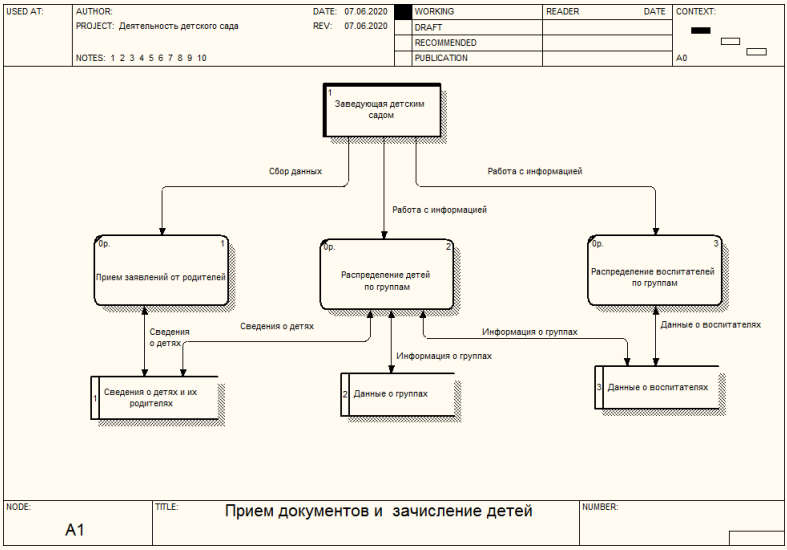


Рис. 4. Диаграмма потоков данных DFD

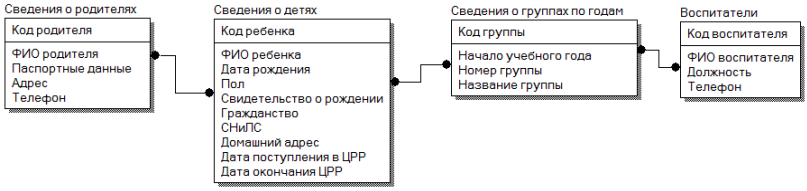


Рис. 5. Логическая модель данных

Полученная реляционная модель данных приведена на рис. 6. В ней все связи типа «один ко многим» являются идентифицирующими, т.е. внешние ключи, переданные от родительского объекта, помещаются в ключевую область.



Рис. 6. Схема реляционной модели данных

3. Программное обеспечение информационной системы для детского сада № 188

Программное обеспечение информационной системы для «ЦРР – Детский сад № 188» реализовано на Delphi в системе Embarcadero RAD Studio 10 Seatle и выполняет следующие функции:

1. хранение сведений о воспитанниках и их родителей;
2. поиск данных о воспитанниках и их родителей в базе данных;
3. учет групп по учебным годам и воспитателей, работающих в них;
4. печать документов, содержащих сведения о группах и воспитанниках.

Главное окно разработанной программы представлено на рис. 7. Оно содержит командные кнопки, которые обеспечивают доступ к следующим функциям:

– «Воспитатели» – открывает окно, содержащее список воспитателей (их фамилию, имя, отчество). Имеется возможность добавить данные о новом воспитателе, удалить, изменить их, а также осуществить поиск.

– «Дети» – открывает окно, содержащее список данных о воспитанниках детского сада, которые посещают учреждение в текущем году, и их родителях. Можно просматривать списки детей за прошлые года, осуществлять поиск данных о детях, добавлять, изменять имеющиеся данные, а также выводить на печать необходимую информацию;

– «Группы» – позволяет просмотреть список детей и воспитателей, работающих в группе. Можно изменить воспитателя в группе, просмотреть информацию о группах для текущего года и для прошлых лет, а также вывести на печать необходимую информацию;

– «Формирование групп» – предназначено для копирования состава групп на следующий учебный год и создания новых групп.

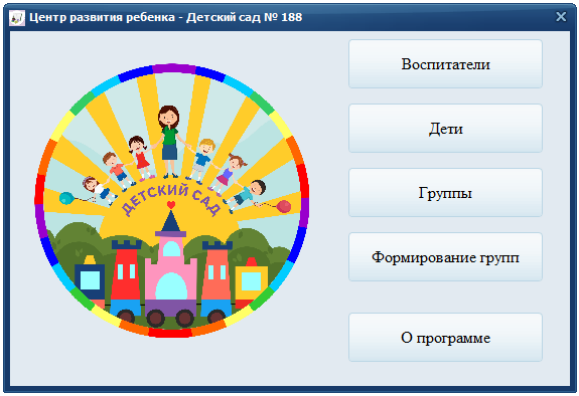


Рис. 7. Главное окно программы для детского сада № 188

Заключение

Таким образом, были спроектированы и разработаны информационное и программное обеспечения информационной системы для детского сада № 188 г. Воронежа, позволяющей автоматизировать хранение и учет сведений о воспитанниках и их родителях.

Список литературы

1. Грекул В. И. Проектирование информационных систем : учеб. пособие / В. И. Грекул, Г. Н. Денищенко, Н. Л. Коровкина. – М.: Интернет-университет информ. технол.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. – 300 с.

2. Евдокимова, С. А. Выбор методологии моделирования предметной области при проектировании информационной системы / С. А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. – 2015. – Т. 8. – № 3. – С. 18-22.

3. Евдокимова, С. А. CASE-технологии : практикум / С. А. Евдокимова. – Воронеж : ВГЛТУ, 2016. – 128 с.

4. Пирогов, В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование : учебное пособие / В. Ю. Пирогов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 528 с.

Проектирование и реализация информационной системы для отдела кадров ООО «СПИ»

С. А. Евдокимова, email: evdsvs@mail.ru
В. В. Покатаев, email: vv.pokataev@ya.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. *В данной работе рассматривается разработанное программное обеспечение информационной системы для отдела кадров ООО «СПИ». Показаны диаграммы вариантов использования и диаграммы последовательности, а также описана программная реализация функции – создание приказа.*

Ключевые слова: *информационные системы, унифицированный язык моделирования UML, диаграммы вариантов использования, диаграммы последовательности.*

Введение

В настоящее время учет сведений о сотрудниках в отделе кадров ООО «СПИ» не автоматизирован. Данные регистрируются в бумажных карточках или разрозненных электронных файлах Microsoft Word и Excel, из-за чего возникают ошибки и трудности в подготовке приказов и получении информации о сотрудниках.

Поэтому задача разработки информационной системы для отдела кадров ООО «СПИ» является актуальной задачей.

1. Проектирование программного обеспечения с помощью UML

Унифицированный язык моделирования UML представляет собой язык для определения, представления, проектирования и документирования программных средств путем построения графических моделей [1].

Рассмотрим диаграммы вариантов использования и диаграммы последовательности, которые разработаны при проектировании программного обеспечения информационной системы для отдела кадров «СПИ».

Диаграммы вариантов использования описывают функциональность информационной системы, которая будет видна пользователям системы. Каждая функциональность изображается в виде прецедентов использования. Прецедент – это типичное взаимодействие

© Евдокимова С. А., Покатаев В. В., 2021

пользователя с системой, которой описывает видимую пользователем функцию [2].

Для программного обеспечения информационной системы для отделов кадров ООО «СПИ» разработана диаграмма вариантов использования (рис. 1). На ней обозначены следующие прецеденты:

– Картотека сотрудников – предоставляет список сотрудников ООО «СПИ» и все необходимые сведения о них;

– Структура организации – предоставляет список о подразделениях организации;

– Штатное расписание – позволяет составлять и распределять должности по структурным подразделениям организации;

– Приказы по персоналу – позволяет формировать приказы по персоналу: прием, увольнение, перевод сотрудников;

– Личная карточка сотрудника – выводит все сведения о сотруднике, которые необходимо хранить в отделе кадров;

– Справочники приложения – представляет доступ к данным, которые используются как подстановочные значения в базе данных информационной системы.



Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Для описания того, что будет делать информационная система в рамках варианта использования, разрабатывается поток событий [3].

Основной поток событий для варианта использования «Приказы по персоналу» будет следующий:

– Вариант использования начинается, когда пользователь запускает информационную систему отдела кадров «СПИ».

– На экране отображается главная форма, содержащая командные кнопки для выбора действия.

– Пользователь нажимает на кнопку «Приказы по персоналу».

– Отображается форма «Приказы по персоналу», содержащая список приказов и список сотрудников, которые приводятся в выделенном приказе.

– Пользователь нажимает на кнопку «Создать приказ».

– Отображается форма «Виды приказов», содержащая список доступных видов приказов, которые можно создать в системе.

– Пользователь выбирает определенный вид приказа.

– Отображается форма «Создание приказа».

– Пользователь вводит данные для приказа.

– Пользователь нажимает на кнопку «Сохранить».

– Выполняется проверка правильности введенных данных для возможности сохранения приказа в базе данных.

– Если есть ошибки ввода, то выводится сообщение и выполняется альтернативные поток сообщений А1.

– Данные сохраняются в базе данных.

– Окно «Создание приказа» закрывается.

– Пользователь нажимает на кнопку «Закрыть».

– Приложение закрывается. Вариант использования завершает работу.

– Альтернативный поток А1. Ввод некорректных данных.

– При попытке сохранить данные обнаружены пустые поля или некорректные данные в полях.

– Выводится сообщение об ошибках ввода данных.

– Вновь отображается окно «Создание приказа», в котором пользователь может исправить ошибки.

– Пользователь в окне «Создание приказа» нажимает кнопку «Отмена».

– Главная форма программы открывается. Вариант использования завершается.

Динамическое поведение событий, происходящих внутри прецедента, отражаются на диаграммах последовательности. Этот вид диаграмм используется для точного определения сценария выполнения прецедента. Диаграммы последовательности отображают типы объектов, взаимодействующих при исполнении прецедентов,

сообщения, которые они посылают друг другу, и любые возвращаемые значения, ассоциированные с этими сообщениями [4]. Сообщения на диаграммах появляются в той же последовательности, в которой они показаны на диаграммах.

Диаграмма последовательности «Приказы по персоналу» представлена на рис. 2.

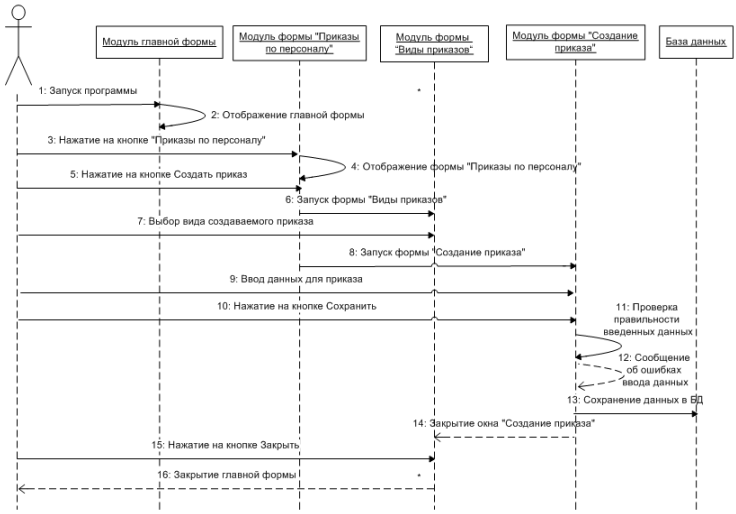


Рис. 2. Диаграмма последовательности «Приказы по персоналу»

2. Реализация программного обеспечения информационной системы для отдела кадров ООО «СПИ»

Разработанное программное обеспечение информационной системы для отдела кадров ООО «СПИ» выполняет следующие функции:

1. хранение сведений о сотрудниках;
2. поиск данных о сотрудниках в базе данных;
3. формирование штатного расписания ООО «СПИ»;
4. создание и печать приказов по персоналу следующего вида: прием на работу, увольнение, перевод между подразделениями.

После запуска программы на экране появляется главное окно (рис. 3), которое разделено на две части:

– в левой части находятся командные кнопки: Картотека сотрудников; Структура организации; Штатное расписание; Приказы по персоналу; Справочники приложения. Эти кнопки присутствуют во всех

формах, которые появляются при нажатии любой из перечисленных кнопок;

– в правой части окна находится список сотрудников, ниже которого есть поле для поиска и кнопка Личная карточка сотрудника.

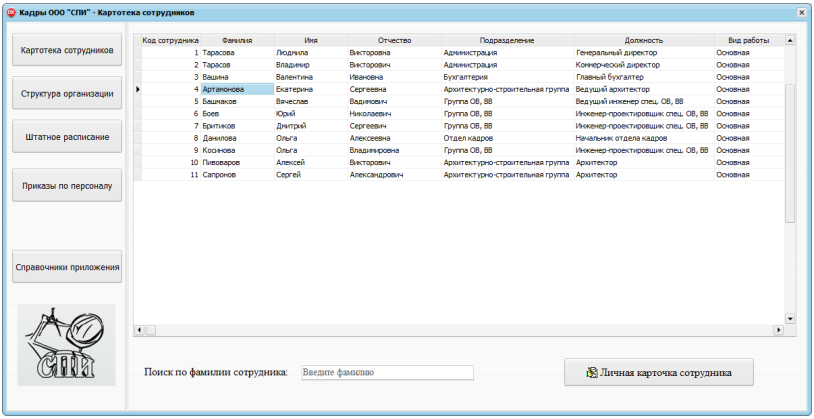


Рис. 3. Начальное окно приложения «Кадры ООО «СПИ» – Картотека сотрудников»

Рассмотрим работу приложения при создании приказа. Для этого надо нажать на кнопку Приказы по персоналу, и появится одноименное окно, представленное на рис. 4. В нем рабочая область поделена горизонтально на два списка: в верхней части представлен список приказов, в нижней – список лиц, которые приводятся в выделенном приказе.

Состав командных кнопок, отображаемый в окне Приказы по персоналу, зависит от статуса выделенного приказа. Статус приказа может быть двух видов:

– Исполнен – означает, что приказ утвержден и изменять его нельзя;

– Проект – означает, что приказ представлен в виде черновика, и его можно редактировать.

Если выделенный приказ в окне Приказы по персоналу имеет статус Исполнен, то будут доступны кнопки: Создать приказ, Просмотреть приказ, Личная карточка, Печать приказа.

Если выделенный приказ имеет статус Проект, то дополнительно будут доступны кнопки: Изменить статус (меняет статус приказа с Проект на Исполнен); Удалить приказ (можно удалить черновик приказа), Добавить сотрудника (в приказ можно добавить нового

человека), Удалить сотрудника (позволяет удалить сотрудника из приказа).

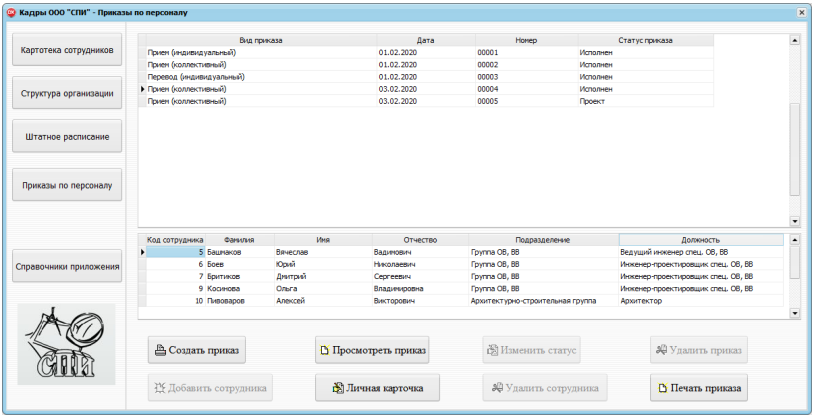


Рис. 4. Окно «Кадры ООО «СПИ» – Приказы по персоналу»

При нажатии на кнопку Создать приказ, появится окно выбора вида приказа. На выбор доступны следующие виды приказов: прием на работу, увольнение и перевод. При этом каждый из видов приказов может быть индивидуальным или коллективным. После выбора желаемого вида приказа появится окно, представленное на рис. 5 и содержащее две вкладки: Общее и Работа. На вкладке Общее необходимо ввести номер и дату приказа, выбрать тип приказа:

– Новый сотрудник – указывает на то, что в приказе указывается новый сотрудник, который ранее не работал в ООО «СПИ». В этом случае поле Код сотрудника будет не доступно, и поля о сотруднике следует заполнить вручную;

– Восстановление – указывает на то, что сотрудник ранее работал в организации, т.е. данные о нем в базе данных уже есть. В этом случае поле Код сотрудника будет доступно, можно выбрать код, и остальные поля автоматически заполнятся данными о сотруднике.

Вкладка Работа окна Создание приказа содержит поля о занимаемой должности сотрудника, виде и характере работы. Вид работы может принимать значения: Основная, По совместительству, а Характер работы – Постоянно или Временно.

После нажатия кнопки Сохранить выполняется проверка правильности введенных данных. Если ошибок нет, то приказ будет сохранен в базе данных.

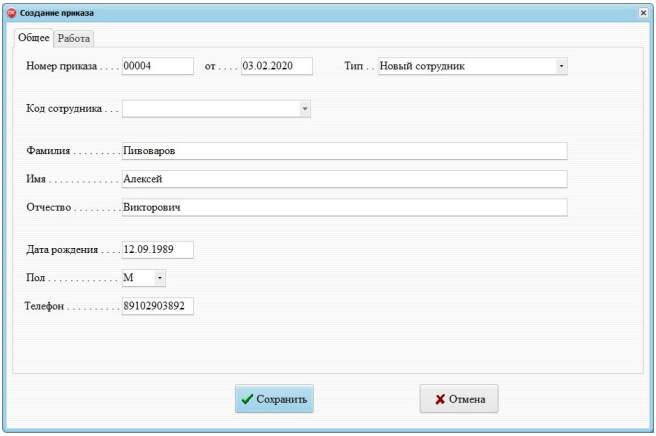


Рис. 5. Окно Создание приказа (вкладка Общее)

Заключение

Таким образом, спроектировано и разработано программное обеспечение информационной системы для отдела кадров ООО «СПИ», позволяющее автоматизировать хранение и поиск данных о сотрудниках и подготовку приказов. Дальнейшая работа над программой будет заключаться в добавлении возможности создания других видов приказов и распоряжений отдела кадров.

Список литературы

1. Новикова, Т. П. Архитектура информационных систем : учебное пособие // Т. П. Новикова, О. В. Оксюта, К. В. Зольников. – Воронеж, 2017. – 115 с.

2. Грекул В. И. Проектирование информационных систем : учеб. пособие / В. И. Грекул, Г. Н. Денищенко, Н. Л. Коровкина. – М.: Интернет-университет информ. технол.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. – 300 с.

3. Затонский, А.В. Информационные технологии: разработка информационных моделей и систем / А. В. Затонский. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 344 с.

4. Евдокимова, С. А. CASE-технологии : практикум / С. А. Евдокимова. – Воронеж : ВГЛТУ, 2016. – 128 с.

Разработка системы базы знаний при усовершенствовании автоматизированной системы управления связью

Е.П. Кайдаш, email: Kaydash_ne@mail.ru
И.С. Назмутдинов, email: nazmutdinov71@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *В статье рассмотрены возможности использования информационной системы при решении задач управления связью. Основным компонентом информационной системы является база знаний, включающая набор правил принятия решений с использованием нечетко-продукционных правил.*

Ключевые слова: *Автоматизированная система управления связью, система поддержки принятия решений, база знаний, кластерно-генетический метод редукции, кластеризация, редукция нечетких правил.*

Введение

Автоматизированная система управления связью является основным инструментом многоуровневой поддержки принятия решений должностных лиц, для обеспечения планирования, подготовки к применению по назначению, применения и восстановления системы связи, и боеспособности сил и средств. В данной системе должны быть реализованы следующие виды (уровни) управления связью: организационное, оперативно-техническое и технологическое [1].

При этом задачи автоматизированного управления связью на организационном уровне должны решаться на основе применения комплексов средств автоматизации управления связью, общего программного обеспечения, специального программного обеспечения организационного управления и элементов информационного обеспечения – баз данных организационного управления, реализованных на основе современных средств прикладной среды систем поддержки принятия решений.

Система поддержки и принятия решения должностных лиц представляет собой интерактивную автоматизированную систему, которая облегчает использование данных и моделей для идентификации, решения поставленных задач и принятия решений.

В этих условиях назрела необходимость в решении проблемы совершенствования методов работы должностных лиц путем разработки

© Кайдаш Е.П., Назмутдинов И.С., 2021

и внедрения информационных систем (ИС) поддержки принятия решений. Основным элементов данной системы является база знаний, включающая набор правил принятия решений, выраженных в форме четких и нечетких продукций. Использование нечетко-продукционных правил позволяет решать практические задачи в условиях неопределенности и неполноты исходных данных.

Теоретический анализ

Анализ достоинств и недостатков разработанных баз знаний показал необходимость разработки нового комплексного кластерно-генетического численного метода редукции, который аккумулирует достоинства существующих подходов. На рисунке 1 представлена схема предложенного метода.



Рис. 1. Схема кластерно-генетического метода редукции

Как видно из рисунка, предложенный метод содержит два этапа:

1 этап – кластеризация (таксономия) нечетких правил в исходной базе знаний с получением промежуточной базы знаний, состоящей из правил, соответствующих центрам кластеров;

2 этап – редукция нечетких правил промежуточной базы знаний на основе генетического алгоритма, позволяющего минимизировать число правил и сформировать искомую базу знаний.

В процессе кластеризации правила группируются по «похожести» и определяется типичный представитель каждой группы. Нечеткие правила базы знаний представляются как точки в п-мерном пространстве, к которым применяется известный алгоритм кластеризации. В результате кластеризации формируются кластеры, для которых определяются их геометрические центры. Данные центры могут не совпадать с реальными имеющимися правилами в базе знаний, поэтому возникает задача формирования новых правил, которые описывают логические центры кластеров.

При формировании новых правил возникает задача идентификации значений параметров функции принадлежности для каждого входного параметра, решение которой найдено в разработанном численном методе средних координат. В результате алгоритма редукции нечетких

правил с применением алгоритма кластеризации исходная база знаний преобразуется в промежуточную базу знаний. В связи с тем, что не все выделенные кластеры являются значимыми, то к промежуточной базе знаний применяется генетический алгоритм минимизации числа активных правил.

В настоящее время существует большое количество различных алгоритмов кластеризации. Кластерный анализ – это совокупность методов, которые позволяют классифицировать многомерные данные. Целью кластеризации является объединение в группы похожих между собой объектов, которые принято называть кластерами или, по-другому, таксонами [2].

Рассмотрим алгоритм кластеризации нечетких правил в базах знаний информационных систем поддержки принятия решений при решении задач управления связью.

Пусть имеется исходная база знаний $R = \{R_1, R_2, \ldots, R_m\}$, где Ri (i = 1…m) – нечетко-продукционные правила Такаги-Сугено вида [3]

$$\begin{array}{l} \text{ЕСЛИ } x_1 = \tilde{A}_{11} \text{ И } x_2 = \tilde{A}_{12} \text{ И } \ldots x_п = \tilde{A}_{1п} \text{ ТО } y = B_1 \\ \text{ЕСЛИ } x_1 = \tilde{A}_{21} \text{ И } x_2 = \tilde{A}_{22} \text{ И } \ldots x_п = \tilde{A}_{2п} \text{ ТО } y = B_2 \\ \ldots \\ \text{ЕСЛИ } x_1 = \tilde{A}_{m1} \text{ И } x_2 = \tilde{A}_{m2} \text{ И } \ldots x_п = \tilde{A}_{mп} \text{ ТО } y = B_k \end{array} \quad (2)$$

где $x_1, \ldots, x_п$ – входные лингвистические переменные; $\tilde{A}_{11}, \ldots, \tilde{A}_{1п}, \tilde{A}_{21}, \ldots, \tilde{A}_{mп}$ – их нечеткие значения; y – четкая входная переменная; $B_1, \ldots, B_k$ – классы решений.

Предлагаемый алгоритм состоит из восьми шагов.

На первом шаге необходимо представить антецеденты нечетких правил в виде вектора их нечетких ограничений. Тогда система правил примет следующий вид

$$(\tilde{A}_{11}, \tilde{A}_{12}, \ldots, \tilde{A}_{1п}), (\tilde{A}_{21}, \tilde{A}_{22}, \ldots, \tilde{A}_{2п}), \ldots, (\tilde{A}_{m1}, \tilde{A}_{m2}, \ldots, \tilde{A}_{mп}) \quad (3)$$

На втором шаге осуществляется переход от нечетких множеств $\tilde{A}ij$ (i=1 … m, j=1 … n) к их четким аналогам x_{ij}, используя процедуру дефаззификации.

Переход к четким аналогам расширит возможности по применению существующих методов и алгоритмов интеллектуальной обработки данных. В результате дефаззификации выражение (1) примет следующий вид

$$(x_{11}, x_{12}, \ldots, x_{1п}), (x_{21}, x_{22}, \ldots, x_{2п}), \ldots, (x_{m1}, x_{m2}, \ldots, x_{mп}) \quad (4)$$

В общем случае значения входных параметров нечетких правил измерены в разных шкалах, поэтому на третьем этапе необходимо произвести нормировку дефаззифицированных значений антецедентов, используя метрику вида

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\limits_{i=1,m}(x_{ij})}{\max\limits_{i=1,m}(x_{ij}) - \min\limits_{i=1,m}(x_{ij})} \quad (5)$$

где x_{ij} – исходное значение параметра; x'_{ij} – нормированное значение.

Результатом данной процедуры является множество точек в нормированном п-мерном пространстве

$$(x'_{11}, x'_{12}, ..., x'_{1n}), (x'_{21}, x'_{22}, ..., x'_{2n}), ..., (x'_{m1}, x'_{m2}, x'_{mn}) \quad (6)$$

Таким образом, на четвертом этапе исходная база знаний может быть представлена в виде точек в п-мерном Евклидовом пространстве, количество координат которых соответствует количеству входных параметров нечетких правил. Следовательно, задача таксономии нечетких правил будет сводится к задаче кластеризации полученных точек данных.

Таксономию знаний необходимо производить независимо для каждого класса решений, поэтому на пятом шаге выполняется разделение множества исходных точек данных на подмножества по классам решений и в каждом подмножестве кластеризация производится отдельно.

На шестом шаге в каждом подмножестве точек, разделенных по классам решения задачи, выполняется известный алгоритм кластеризации, в котором подбирается оптимальное количество кластером от минимума к максимуму до тех пор, пока точность классифицирующей способности редуцированной базы знаний не будет превосходить или равняться точности классифицирующей способности исходной базы знаний. Таким образом, при выборе лучшего кластерного решения необходимо руководствоваться критерием ошибки обобщения, получаемой интеллектуальной системой при ее работе на текстовой выборке данных

$$E = (1 - \frac{N_{прав}}{N_{общ}}) \to \min_{k} \quad (7)$$

где $N_{прав}$ – количество правильно классифицированных примеров; $N_{общ}$ – общее количество примеров

В результате кластеризации точек определяются геометрические центры кластеров. Полученные центры кластеров могут совпадать с точками, которые описывают правила исходной базы знаний, а могут не совпадать. В таком случае на седьмом шаге возникает задача идентификации значений параметров функций принадлежности для

каждой координаты логического центра кластера. Данную задачу решает разработанный метод (метод средних координат), который подробно описывается в [4].

После представления логических центров кластеров в виде нечетких правил, на восьмом шаге формируется новая промежуточная база знаний, которая будет подаваться на вход в генетический алгоритм для минимизации числа нечетких правил в процессе выделения значимых кластеров.

Таким образом, редукции исходной базы знаний с помощью представленного алгоритма кластеризации входящих в нее нечетких правил позволяет получить промежуточную базу знаний. При этом возникает необходимость решения задачи идентификации значений параметров функций принадлежности для новых правил, соответствующих центрам кластеров

Заключение

Результатом кластеризации нечетких правил в исходной базе знаний является промежуточная база знаний, состоящая из правил, соответствующих центрам полученных кластеров. В дальнейшем для минимизации правил (удаления незначительных центров кластеров) будет использоваться редукция нечетких правил на основе генетического алгоритма, позволяющего минимизировать число сформированных кластеров.

Таким образом, внедрение перспективных цифровых средств связи и автоматизации управления, а также создание на их основе систем поддержки принятия решений позволит значительно сократить время на принятие решения, повысить оперативность управления

Список литературы

1. Арсланов Х.А. и др. Автоматизированная система управления связью Вооруженных Сил Российской Федерации и приоритетные направления ее развития // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации, 2016. С.17–20

2. Корнеев А.М. Использование методов кластерного анализа для дискретных величин. Учебное пособие. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2006. – 56 с.

3. Абдулхаков А.Р. Алгоритмы и программный комплекс редукции баз знаний мягких экспертных систем [Электронный ресурс] // Труды Московского авиационного института. Электронный журнал. – 2014. – №75

4. Абдулхаков А.Р. Методы и алгоритмы редукции нечетких правил в базах знаний интеллектуальных систем. Дисс. на соиск. уч. степ. к-та техн. наук. – Казань, 2015. – 140 с.

Модель эффективности внедрения информационный систем

А. В. Кузмич, e-mail: sashadegtev12@gmail.com

Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет

Аннотация. *В данной статье рассматриваются актуальные проблемы оценки применения и внедрения информационных систем в компаниях различных отраслевых направленностей. В качестве решения поставленной проблемы автор предлагает интеллектуальный метод оценки информационных систем путем применения смарт бальной системы оценки. Представленный модель поможет более корректно подбирать информационные системы исходя из предпочтений заказчик и их отраслевых сфер.*

Ключевые слова: *информационные системы, интеграция, конвергенция, таргетированность, информационные технологии, системы поддержки принятия решений.*

Введение

На сегодняшний день развитие мировой экономики и ее цифровизация задает тренды в применении и развитии информационных технологий (далее – ИТ), которые могут в достаточной мере обеспечивать полную функциональную составляющую современного бизнеса. Актуальной ИТ, способы их применения и совершенствования растут по экспоненциальной мере. На данный момент времени применение современных ИТ помогают и упрощают многие сложные процессы, начиная от общих технических и заканчивая узко специализированными. Большинство крупных и мелкий компаний внедряют и используют различные информационные системы и продукты. Компании подбирают ИТ продукты исходя из различных факторов и способов применения, но возникает закономерный вопрос: какой информационный продукт выбрать из множества похожих как внешне, так и по функциональной составляющей?

В данном исследовании предлагается интеллектуальный модель оценки эффективности применения ИТ систем и продуктов, который позволит с максимальной долей вероятности подобрать наиболее подходящее решения для вопросов компании.

© Кузмич А. В., 2021

1. Интеллектуальный способ оценки эффективности внедрения информационных систем

Стоит отметить, что решения, которое предлагает автор будет иметь классический пользовательский интерфейс для запросов, в котором будет представлена область, в которой пользователь сможет выбирать интересующие его критерии для построения рейтинга ИТ систем и продуктов, удовлетворяющий критерии запроса пользователя.

Перейдем к рассмотрению категории информационных продуктов (систем), которые соответственно будут увеличению таргетированности поиска информационных продуктов. Категории, которые будут сформированы в ходе реализации предложенного метода: производство, ИТ-услуги, бухгалтерия, индивидуальное предпринимательство.

Производство или производственная категория – в данной категории будут такие как SAP, Directum (система электронного документооборота).

ИТ-услуги – поддержка и оптимизация различных ИТ-услуг, или программные продукты для автоматизации бизнес-процессов. В пример можно привести HPSM, ITSM 365.

Бухгалтерия – в данную категорию будут входить продукты, которые будут отвечать за денежную составляющую компании: 1С бухгалтерия и аналогичные данному продукты.

Индивидуальное предпринимательство – эта же категория будет объединять информационные продукты из разных категорий с более низким порогом стоимостного входа.

После определения категории поиска следует определить критерии, которые будут отвечать за характеристики информационных продуктов (систем).

Критерии распределены на две большие группы: внешние и внутренние. Внутренние будут делиться на количественные и качественные. Количественные будут отвечать за измеряемые показатели, например, скорость отклика, количество поддерживаемых пользователей внутри информационного продукта и др. Качественные будет отвечать за возможности информационного продукта и популяризации его использования (в разрезе различных сфер деятельности).

На старте процесса пользователь создает запрос и указывает общую интересующую его область применения в соответствии с категориями (Производство, ИТ-услуги, Бухгалтерия и Индивидуальное предпринимательство), затем система сохраняет запрос для последующих изменений или для последующего пользователя, который построит аналогичный запрос.

На следующем шаге интерфейс системы смарт-метода выдает вопрос пользователю о внесении отдельных дополнительных критериев, на которых требуется акцентировать внимание.

Если вариант ответа «да», то указываются дополнительные критерии (это внешние и внутренние, что было описано выше), происходит формирование и сохранение запроса в базу знаний метода.

Если дополнительные критерии отсутствуют, то сразу отправляется запрос на выполнение. Также стоит отметить, что критерии в запросе можно формировать на уровнях важности как по иерархии, так и при выставлении критериев на одном уровне.

При выполнении запроса пользователя происходит определение внешних и внутренних критериев. При указанных пользовательских критериях сначала анализируются именно они, только потом система приступит к последующим. Также возможно указать поиск только по выбранным критериям, что ускорит анализ по желанию пользователя.

После определении важности критериев для предметной области система начинает собирать и анализировать их, присваивая баллы от 1 до 10 (в зависимости от важности), далее отправляет их в отчет и начинает считать сумму баллов по пулу критериев. Это происходит отдельно для внешних и внутренних критериев (также возможен вывод в отчет количественных и качественных критериев и их баллов). Далее происходит создание рейтинга по внешним и внутренним, по количественным и качественным критериям, что сделано для более детального анализа и обоснования будущих инвестиций в информационные технологии предприятия.

После формирования рейтинга по критериям, формируется общий рейтинг информационного продукта, где показывается отставание или преимущество перед остальными вариантами информационных продуктов.

Заключение

Таким образом, были рассмотрены вопросы категоризации информационных продуктов, формирования пула критериев для их разноплановой оценки.

Данная модель можно применять для поиска и анализа информационного продукта как при внедрении, так и при обновлении информационной инфраструктуры предприятия. Применение модели эффективности применения и внедрения позволит сократить время и денежные средства при анализе рынка информационных продуктов и поиске подходящего программного решения.

Список литературы

1. Minakov V.F., Malyshenko A.V. Decomposition of innovative processes in a university // Bulletin of the Stavropol State University. – 2004. – No. 36. – P. 12-15.

2. Minakov V.F. Problems of development of a single information space of scientific and innovative activity // In the collection: Technological perspective within the Eurasian space: new markets and points of economic growth Materials of the 3rd International Scientific Conference. – 2017. – P. 243-246.

3. Shepeleva O.Yu., Sotavov A.K., Kirilenko T.A. Problems of the strategic development of digital resources of the economy // In the collection: Socio-economic drivers and development trends of the modern information society 2018. – P. 327-330.

4. Alekseev M.A., Glinsky V.V., Serga L.K., Pyatov M.L. On the assessment of probable distortions in the reporting of economic entities // Statistics Issues. 2019. – Vol. – 26. No 7. – P. 20-32.

Разработка облачного веб-приложения «TeamCloud»

М. С. Курахтанов, email: kurakhtanov.2018@stud.nstu.ru
М. Ш. Муртазина, email: murtazina@corp.nstu.ru

Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе представлены результаты разработки приложения, выполняющего функции облачного хранилища. Разработанное облачное веб-приложение «TeamCloud» предназначено для конфиденциального управления оборотом документов проектных команд.*

Ключевые слова: *облачное хранилище, облачные технологии, веб-приложение, управление файлами, проектная команда.*

Введение

На сегодняшний день облачные хранилища, входящие в совокупность сервисов SaaS (программное обеспечение как услуга), активно находят свое применение в бизнесе, в особенности в автоматизации процессов управления проектной деятельностью в рамках не только небольших организаций, но и крупных предприятий. И это неудивительно, ведь данный вид облачных сервисов обладает большим количеством преимуществ, которые значительно повышают эффективность работы каждого пользователя.

В данной работе представляются результаты создания облачного веб-приложения «TeamCloud», предназначенного для конфиденциального управления файлами проектных команд.

Цель реализации веб-сервиса «TeamCloud» заключается в решении проблемы отсутствия на рынке специализированных для командной работы сервисов, обеспечивающих облачное хранение файлов, приложений, предназначенных исключительно для работы с файлами внутри команды и обмена ими между участниками, что в какой-то мере «принуждает» пользователей создавать учетные записи и разбираться в возможностях популярных аналогов, которые имеют большое количество функций, ориентированных преимущественно на единственного пользователя хранилища, а не на кооперативную работу между участниками команд.

© Курахтанов М.С., Муртазина М.Ш., 2021

1. Постановка задачи

Наиболее часто отмечают следующие черты облачных приложений с функцией хранения цифровых фалов, которые значительно повышают эффективность работы с данными [1-7]:

– упрощение инфраструктуры – компаниям не нужно инвестировать в дополнительное оборудование для хранения информации, а также в его поддержание. Стоит отметить, результаты одного исследования Symantec в 2009 году показали: благодаря использованию облачных технологий затраты на закупку оборудования сократились на 30%, а операционные расходы на управление и администрирование – на 10%, – и это было в далеком 2009 году. Однако сейчас ни для кого не секрет, что тенденция развития облачных сервисов все активнее набирала обороты с каждым годом за последние несколько лет, что можно пронаблюдать на рис. 1;

– файлы, хранимые в облачных хранилищах, могут быть в территориально независимых дата-центрах, что значительно надежнее хранения данных на локальных устройствах;

– отсутствие необходимости следить за актуальностью программного обеспечения, а также архитектуры и оборудования – обслуживание и поддержка своевременно осуществляется провайдером без дополнительной платы;

– повышение мобильности пользователей в групповой работе с данными – каждый пользователь может получить доступ к своему персональному хранилищу или хранилищу команды из любой точки мира, достаточно лишь иметь подключение к интернету и учетные данные, зарегистрированные в используемом облачном сервисе;

– высокие стандарты обслуживания – пользователи услуг облачного провайдера всегда могут получить квалифицированную помощь по возникшим затруднениям при использовании приложения.

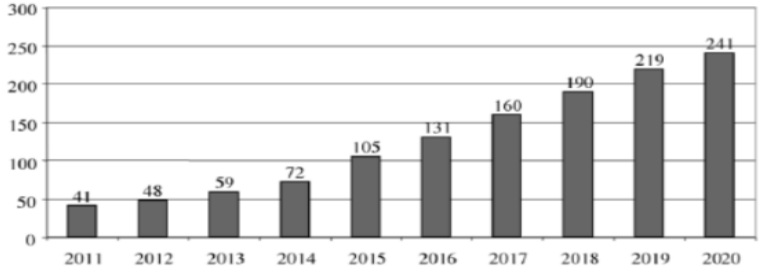


Рис. 1. Рост объема рынка облачных вычислений (млн. долларов США) [2]

Несмотря на столь значительные преимущества приложений, выполняющих функцию облачного хранения данных, существующие на рынке облачных сервисов приложения, такие как Google Drive, Microsoft OneDrive и Dropbox, имеют ряд недостатков, которые могут вызвать сомнения у пользователей при выборе того или иного облачного хранилища с целью обеспечения командной деятельности максимально безопасным, удобным и конфиденциальным рабочим пространством для коллаборационной деятельности:

– бизнес-тарифы, предлагаемые поставщикам облачных приложений, большой объем пространства для пользователей, нуждающихся в командной работе с файлами, фиксированы в стоимости и объеме хранилища. Иначе говоря, пользователю как владельцу команды не предоставляется возможности выбрать столько памяти, сколько нужно ему и другим участникам для хранения файлов, необходимых в работе над общими задачами, в связи, с чем приходится переплачивать за неиспользуемый объем хранилища согласно тарифному плану;

– некоторые тарифные планы, подразумевающие расширение облачного хранилища для организаций, делят определенное количество пространства равномерно на каждого пользователя, что приводит к затруднениям в использовании сервиса и перерасходам. Например, бухгалтер, работающий с текстовыми форматами документов, вряд ли будет использовать весь терабайт памяти, выделенный на него как на участника расширенного тарифа по подписке, в то время как графическому дизайнеру определенно терабайта памяти хватит. А разделить количество памяти на каждого участника у владельца организации никак не получится, потому что поставщики облачных сервисов такой сценарий не предусмотрели;

– будучи сервисами преимущественно для персонального использования, Google Drive, OneDrive и другие аналоги, имеющие наибольшую клиентскую базу по всему миру, предоставляют каждому новому пользователю вне зависимости от того, пользуется он услугами в команде с другими клиентами или в личных целях, предоставляют каждому возможность хранить файлы в персональном хранилище, сопровождая это большим количеством функционала, который далеко не во всех задачах пользователей при оптимизации процессов командной работы может быть применим, что соответственно нагружает пользовательский интерфейс и заставляет вкладывать время в то, чтобы разобраться с тем, как работать с приложением;

– отсутствие какой-либо истории загрузки файлов пользователями единого облачного пространства и их изменений, благодаря чему

руководитель команды и по совместительству владелец тарифного плана не может отследить, какие файлы загружал в выделенное согласно тарифу пространство, какими и с кем он делился, а также кто удалял те или иные файлы;

– предоставив доступ к пространству или директории в облачном сервисе определенным пользователям, есть вероятность удаления чужих файлов по неосторожности или намеренно без ведома владельца файла;

– добавив новых участников в единое пространство, они получают полномочия на предоставления доступа другим участникам, в том числе к особо конфиденциальным файлам;

– каждый участник команды может поделиться файлом по ссылке с кем угодно, активировав специальную функцию в настройках предоставления доступа. Пользователи, которые не зарегистрированы в используемом командой приложении, смогут просмотреть информацию файла без возможности ее редактировать, но даже так кто-либо из пользователей единого командного хранилища может поделиться особо конфиденциальными данными с третьими лицами, а руководитель даже не узнает, с какими именно.

Для решения приведенных выше проблем была поставлена задача разработать программный продукт «TeamCloud» для работы участников команды над общими проектами, с возможностью обмена файлами между участниками.

2. Реализация облачного веб-приложения «TeamCloud»

Реализация облачного веб-приложения «TeamCloud», включая разработку и тестирование, производилась с использованием следующих языков программирования, сред разработки и технологий.

– Язык программирования и платформа разработки веб-приложения:

1. C# 8.0;
2. ASP .NET Core 3.1;

– Прикладное программное обеспечение для тестирования работоспособности функционала веб-приложения:

3. Google Chrome 87.0.4280.88;
4. Microsoft Edge 87.0.664.66;

– Служба развертывания веб-приложения в локальной среде разработки:

IIS Express 10.0.19041.561 – запуск веб-приложения и его тестирование на локальном устройстве, с которого ведется разработка;

– IDE и СУБД:

5. Microsoft Visual Studio 2019 Enterprise 16.8.2 – программное обеспечение для разработки приложения с использованием необходимых программных компонентов и библиотек, поддерживаемых целевой рабочей средой ASP .NET Core;
6. Microsoft SQL Server Management Studio 15.0.18358.0 – тестирование запросов к базе данных, а также отслеживание изменений в объектной модели при ее создании и тестировании веб-приложения;

– Библиотеки для ASP .NET Core:

7. Aspose PDF 20.12.0 – формирование отчетности и выгрузки на локальное устройство пользователя в формате .pdf;
8. EntityFrameworkCore 3.1.9 – создание, редактирование и изменение объектов в базе данных, реализованное в логической части веб-приложения на C;
9. ASP .NET Identity 3.1.9 – создание и авторизация учетных записей пользователей с поддержкой cookies;

– Веб-технологии:

10. HTML 5 – разметка элементов веб-страниц;
11. CSS – создание и стилизация графических компонентов веб-страниц приложения;
12. Razor – создание динамичных веб-страниц посредством использования C#-кода вместе с HTML-кодом;

Дополнительные инструменты для frontend-разработки:

13. Bootstrap 4.3.1 – HTML и CSS фреймворк для создания адаптивного сайта, включающий в себя множество элементов типографики, кнопок, веб-форм, блоков навигации и прочих компонентов веб-интерфейса;
14. jQuery Validation 1.17.0 – плагин, с помощью которого осуществляется проверка форм на корректность заполненными пользователем данными авторизации и изменении учетных данных, а также при загрузке файлов в облачное хранилище;

Программные средства для разработки концептуальной и логической моделей базы данных:

1. Microsoft Office Excel 365 – реализация таблицы с данными, представляющей концептуальную модель;
2. Microsoft Visio 2019 Professional – проектирование, изменение и расширение логической модели базы данных в нотации UML.

Результат проектировки логической модели базы данных в нотации UML средствами Microsoft Visio 2019 Professional приведен на рис. 2. Объекты базы данных «TeamCloud», необходимые для корректной работоспособности библиотеки Identity, помечены голубым стикером.

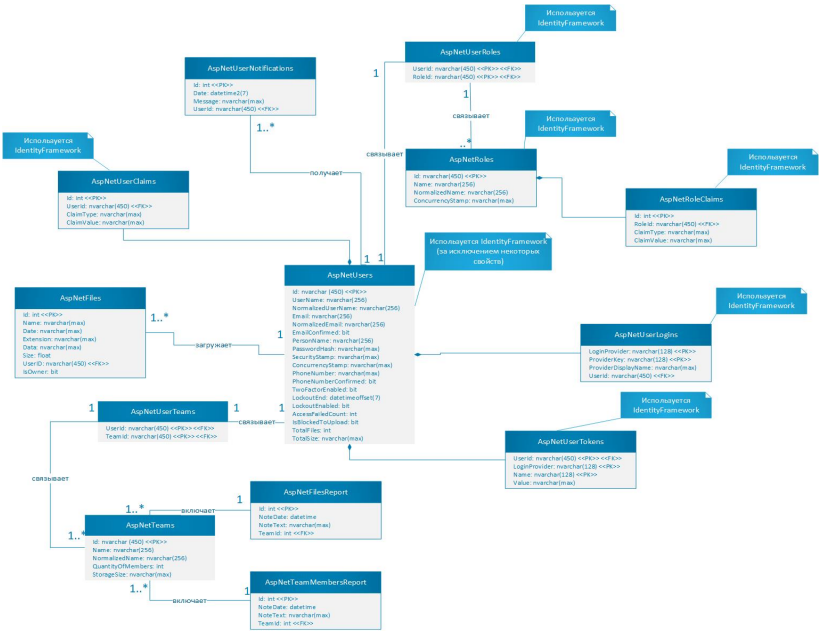


Рис. 2. Логическая модель базы данных «TeamCloud»

Веб-приложение имеет приятный и удобный пользовательский интерфейс, позволяющий пользоваться сервисом в полной мере с устройств любого разрешения экрана, отвечающего современным стандартам мобильных и десктопных устройств. Экранная форма страницы хранилища файлов участника команды приведена на рис. 3.

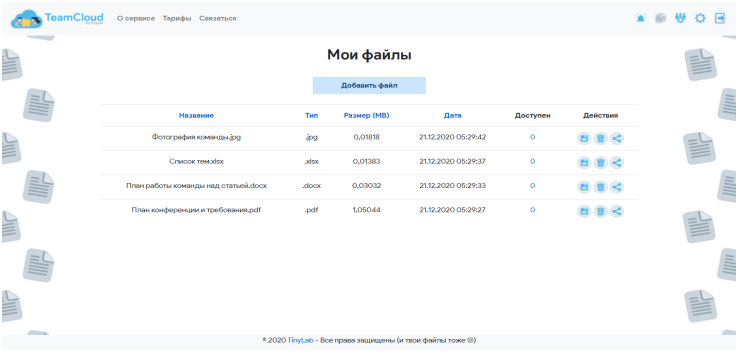


Рис. 3. Экранная форма страницы хранилища файлов

Разработанный продукт, поддерживает следующий функционал:

- создание учетной записи и авторизация в приложении;
- создание учетной записи с привилегиями участника или руководителя;
- добавление участников в пространство команды и предоставление им доступа к использованию командного хранилища;
- отслеживание обмена файлами между участниками, в том числе загрузку файлов в хранилище, их удаление и предоставление доступа другим пользователям в виде отчетности в формате .pdf, доступной исключительно пользователю с полномочиями руководителя команды;
- расширение допустимого облачного пространства в зависимости от задач пользователей по требованию руководителя команды;
- отсутствие возможности предоставления доступа к файлам третьим лицам, не входящим в состав команды;
- запрет на использование возможностей сервиса тем пользователям, которые не состоят в команде;
- запрет удаления чужих файлов другими участников команды, использующих единое облачное пространство, предоставленное руководителем;
- мониторинг используемого каждым участником пространства от общего объема памяти, выделенного на команду согласно тарифному плану, в том числе динамическое отслеживание количества загруженным каждым пользователем файлов.

Заключение

Таким образом, разработанное облачное веб-приложение «TeamCloud» предназначено исключительно для работы участников команды над общими проектами. Система поддерживает ведение отчетности, мониторинга изменений работы с файлами в команде и возможностью обмена файлами между участниками с соблюдением условий приватности данных. «TeamCloud» – «гибридное облако», в котором из общего дискового пространства в дата-центре будет выделяться необходимый объем памяти на каждую команду по требованию руководителя, что в свою очередь будет являться «частным облаком» для каждой группы пользователей.

Список литературы

1. Цуркан, Н.И., Перова, М.В. Облачные технологии в управлении предприятием // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. – 2014. – № 18. – С. 151-155.

2. Вишняков, А. С., Макаров, А.Е., Уткин, А. В., Зажогин, С. Д., Бобров А. В. Современные подходы разработки облачных сервисов хранения данных // Наука и образование сегодня. 2019. №7 (42). – С. 13-19.

3. Хажиева, А. С. Облачные технологии: достоинства и недостатки // International Scientific Review. – 2017. – № 6 (37). – С. 12 15.

4. Твилинев, Н. В. Облачные технологии в управлении предприятием // Производственный менеджмент: теория, методология, практика. – 2016. – № 5. – С. 28-31.

5. Захаров, Д. К. Облачные технологии в системе управления // Вестник университета. – 2016. – № 5. – С. 190-196.

6. Смирнов, Н. А. Облачные технологии в автоматизации деятельности организации // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 4 (25). – С. 116-117.

7. Грошева, Н. Б., Купчинская, М. А. Облачные технологии в управлении командой проекта // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2019. – № 3 (14). – С. 33-36.

Способ контроля целостности данных на основе применения хэш-функции по принципу сочетаний хэш-значений

А. О. Лачинов, email: avatar31221@yandex.ru
А. В. Решотка, email: ReshA_Vl@mail.ru
А. В. Лавриненко, email: Lavrinenko312@mail.ru
Н. С. Савельев, email: nssavelyev01@ya.ru
Н. А. Сипатров, email: nikita.Sipatrov@yandex.ru
А. Д. Ваничкин, email: vanamaka@mail.ru
Т. В. Стариков, email: TVS_7@mail.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе рассматривается способ контроля целостности данных, использующий комбинации хэш-значений, полученных от данных, подлежащих защите от деструктивных воздействий среды и злоумышленника.*

Ключевые слова: *контроль целостности данных, снижение избыточности, хэш-функция, система хранения данных, Big Data.*

Введение

Способ контроля целостности данных на основе применения хэш-функции по принципу сочетаний хэш-значений заключается в том, что применяя хэш-функцию к определенному количеству подблоков памяти M_i с помощью сочетаний полученных хэш-значений H_j можно осуществлять контроль целостности данных для поиска однократной ошибки.

В настоящее время одним из приоритетных направлений исследований и разработок государства в области информационных технологий является сфера обработки больших данных (Big Data). В связи с этим одной из основных задач государства по развитию отрасли информационных технологий в этом направлении является развитие защищенных информационно-аналитических систем (ИАС), требующих высокого уровня достоверности информации [1-3].

На сегодняшний день самым популярным из существующих решений реализации контроля целостности данных в системах хранения данных (СХД) является способ применения хэш-функции, при которой от каждого из блоков данных вычисляется хэш-значение. Недостатком

© Лачинов А. О., Решотка А. В., Лавриненко А. В., Савельев Н. С., Сипатров Н. А., Ваничкин А. Д., Стариков Т. В., 2021

данного способа является высокая избыточность при контроле целостности блоков данных [4-9].

1. Способ контроля целостности данных

Основная идея способа контроля целостности данных на основе применения хэш-функции по принципу сочетаний хэш-значений заключается в использовании формулы комбинаторики C_n^m для вычисления сочетаний хэш-значений таким образом, что каждому из подблоков памяти M_i ставится в соответствии комбинация из H_j. При этом количество используемых хэш-значений всегда меньше количества подблоков памяти M_i, которые необходимо защитить. Следовательно, одним из преимуществ такого способ является снижение вводимой избыточности при контроле целостности данных.

Блок данных M, который необходимо защитить, представляется в виде конечного счетного множества подблоков памяти v.

Количество сочетаний вычисляется по формуле

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!},$$

где n – количество хэш-значений, используемых для защиты всех подблоков блока данных M, а m – количество хэш-значений, используемых для защиты одного подблока данных M_i.

Количества подблоков памяти k меньше или равно количеству сочетаний хэш-значений H_j, необходимых для защиты блока данных. Это значит, что потребуется использовать меньше ресурсов СХД для хранения хэш-значений, следовательно, уменьшит избыточность хранимой информации.

Для того чтобы определить оптимальное количество хэш-значений необходимых для защиты блока данных M, а также количество хэш-значений необходимых для защиты одного подблока памяти M_i можно воспользоваться арифметическим треугольником Паскаля, где значение элемента треугольника всегда должно быть больше чем численное значение количества подблоков памяти. Треугольник Паскаля можно представить в виде таблицы, как показано в табл. 1.

Таблица 1

Арифметический треугольник Паскаля

n	m						
	0	1	2	3	4	5	…
0	1						
1	1	1					
2	1	2	1				
3	1	3	3	1			
4	1	4	6	4	1		
5	1	5	10	10	5	1	
…	…	…	…	…	…	…	…

Из арифметического треугольника Паскаля видно, что оптимальное количество хэш-значений, необходимых для защиты одного подблока данных M_i, достигается при $m = n/2$.

2. Пример

Для защиты блока памяти M, состоящего из 6 подблоков $M = \{M_1, M_2 ... M_6\}$, будем использовать сочетания из 4 хэш-значений $H = \{H_1, H_2, H_3, H_4\}$ по 2 хэш-значения для каждого подблока M_i.

Схема, поясняющая метод контроля целостности данных на основе применения хэш-функции по принципу сочетаний хэш-значений, используемый для защиты 6 подблоков памяти, представлена на рисунке.

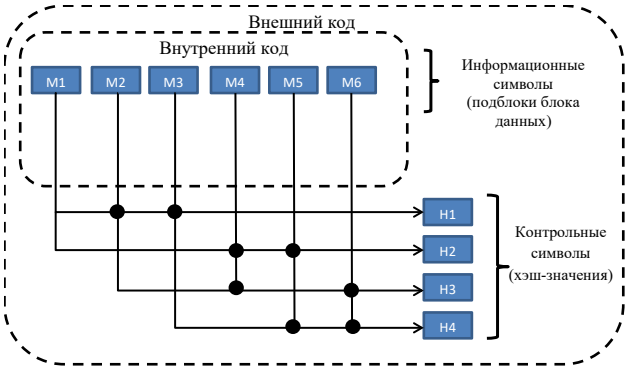


Рисунок. Схема, поясняющая способ контроля целостности данных на основе применения хэш-функции

Для контроля целостности защищенного блока данных вычисляется синдром $\vec{S} = (s_1, s_2 ... s_3)$, согласно предикату:

$$P(\vec{S}) = \begin{cases} 1, \textit{если } H_i \neq H_i^*; \\ 0, \textit{если } H_i = H_i^*, \end{cases}$$

где H_i – хэш-значение вычисленное от данных и подлежащее проверке, а H_i^* – эталонное хэш-значение.

В соответствии с таблицей 2 по полученному синдрому легко определить подблок блока данных, целостность которого нарушена.

Таблица 2

Таблица синдромов для локализации однократной ошибки

Синдром S_i					**Результат**
i	H_1	H_2	H_3	H_4	
0	0	0	0	0	Нет ошибок
1	1	1	0	0	M_1
2	1	0	1	0	M_2
3	1	0	0	1	M_3
4	0	1	1	0	M_4
5	0	1	0	1	M_5
6	0	0	1	1	M_6

3. Оценка разработанного способа контроля целостности данных

Оценка разработанного способа будет осуществляться с помощью сравнения способа контроля целостности данных на основе применения хэш-функции по принципу сочетаний хэш-значений со способами контроля целостности данных основанных на криптографических преобразованиях кодов, исправляющих ошибки, а именно прямоугольных кодов и кодов Хемминга [3-10].

В качестве критерия эффективности будет использоваться коэффициент избыточности информации $K_{изб}$, характеризующий отношение объема избыточных данных, необходимых для осуществления контроля целостности ($V_{изб}$) к объему данных, подлежащих защите ($V_{защ}$). Определение наиболее эффективного метода будет осуществляться по правилу $K_{изб} \to \min$. Коэффициент избыточности вычисляется в соответствии с формулой:

$$K_{изб} = \frac{V_{изб}}{V_{защ}}$$

Результаты вычислений для различного количества защищенных подблоков данных представлены в таблице 3.

Таблица 3

Таблица значений коэффициента избыточности для различных методов контроля целостности данных

Количество защищенных подблоков данных	**Значение коэффициента избыточности**		
	метод контроля целостности с применением прямоугольных кодов	**метод контроля целостности с применением сочетаний хэш-значений**	**метод контроля целостности с применением кодов Хемминга**
10	0,7	0,5	0,4
100	0,1	0,07	0,07
1 000	0,032	0,013	0,01
10 000	0,01	0,0016	0,0014

Из результатов оценки эффективности видно, что способ контроля целостности данных на основе применения хэш-функции по принципу сочетаний хэш-значений уступает способу контроля целостности данных основанному на криптографических преобразованиях кодов Хемминга [3, 5, 6, 10], но значительно опережает способ контроля целостности данных на основе прямоугольных кодов [4, 7-9].

4. Заключение

Несмотря на то, что современные технологии позволяют хранить невероятные объемы данных, условия обеспечения безопасности информации накладывают ограничения, которые не позволяют, например, использовать технологии облачных хранилищ или приводят к большим экономическим затратам на создание нового оборудования. Но в тоже время данные проблемы вынуждают инженеров, математиков и программистов создавать новые методы хранения информации, приводя в движение механизм, именуемый прогрессом. Каждый шаг, сделанный в сторону решения проблемы хранения защищенных данных, приводит к экономии ресурсов. Одним из таких шагов является полученный в результате данной работы метод, позволяющий снизить избыточность хранимой в СХД памяти за счет сокращения числа эталонных хэш-значений, используемых для обеспечения контроля целостности данных.

Список литературы

1. Стратегией развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014-2020 годы и на перспективу до 2025 года.
2. 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.
3. 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.
4. Левин, В. Ю. О повышении криптостойкости однонаправленных хэш-функций / В. Ю. Левин // Фундамент. и прикл. матем. – 2009. – Т. 15. Выпуск 5. – С. 171-179.
5. 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.
6. 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.
7. Диченко, С. А. Системный анализ проблемы обеспечения целостности данных в информационно-аналитических системах / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Сборник материалов XX Международной научно-методической конференции. Под ред. А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 1001-1005.
8. Диченко, С. А. Алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Сборник материалов XX Международной научно-методической конференции. Под ред. А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 996-1000.
9. 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. научнопр. конф. с элементами науч. шк. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.
10. Хэмминг, Р. В.: Теория кодирования и теория информации: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1983. – 176 с.

Архитектура NoSQL СУБД для типичного высоконагруженного приложения

А. Ю. Платов, email: platoff@mail.ru

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

А. С. Прокопенко, email: a.prokopenko@internet.ru

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Аннотация. *Предложена архитектура СУБД на основе NoSQL, удовлетворяющего типичным требованиям, приемлемым для подавляющего числа организаций, использующих высоконагруженные приложения: простота использования, независимость объёма данных от оперативной памяти, скорость работы. Обосновано применение конкретных решений, реализующих базовый функционал, описана модель классов СУБД.*

Ключевые слова: *высоконагруженные приложения, NoSQL, базы данных в памяти, базы данных типа ключ-значение, C++.*

Введение

За последнее десятилетие отмечается значительный рост потребности в использовании высоконагруженных приложений (highload-систем). Расширение сетевой аудитории и сопутствующий объём трафика, рост объёмов, передаваемых и обрабатываемых данных заставляет искать проектные решения, позволяющие максимально использовать возможности сетевой и вычислительной аппаратуры [1]. В связи с этим особое значение при проектировании highload-систем приобретают вопросы структуры хранения данных и архитектуры связей между компонентами системы.

Одним из распространённых подходов для управления данными при реализации highload-систем является использование NoSQL. Для простой структуры данных наиболее подходящий тип NoSQL СУБД, является модель «ключ-значение», которая ориентирована на обеспечение максимальной горизонтальной масштабируемости (добавление вычислительных мощностей увеличивает производительность).

© Платов А. Ю., Прокопенко А. С., 2021

На рынке уже давно существует ряд решений в области СУБД в памяти типа «ключ-значение». Наиболее известные из них это СУБД с открытым исходным кодом «Redis», «Tarantool» и «Memcached», а также проприетарные, к которым относится, например, «CouchBase».

Особенностью СУБД «Redis» является то, что база данных хранится в оперативной памяти, что ограничивает объём данных.

В СУБД «Tarantool», помимо внутреннего языка запросов, поддерживается SQL, а также возможна реализация бизнес-логики при работе с данными на языке Lua. При этом можно выбирать ядро приложения для хранения данных, работающее как традиционная in-memory СУБД, или как СУБД, использующая жесткий диск в сочетании с оперативной памятью. Второй режим позволяет работать с данными, в 10-100 раз большими доступного объёма оперативной памяти [2].

«Memcached» – это СУБД с максимально простым интерфейсом, которая чаще всего используется для кэширования данных или хранения сессий, поскольку система не делает обращений к жесткому диску, и данные в случае аварии могут быть утеряны.

СУБД CouchBase, в основе которой лежит Memcached, является проприетарным решением для крупных компаний (предоставляется поддержка и другие преимущества, важные для бизнеса). Кроме схемы типа «ключ-значение» позволяет создавать также документно-ориентированные базы данных. Эта СУБД очень популярна на рынке, несмотря на меньшую производительность.

Все эти СУБД реализованы на C или C++ и предоставляют интерфейс для разных языков программирования.

Каждое из описанных решений характеризуется своими «плюсами» и «минусами», позволяющими разработчикам ориентироваться на тот или иной набор требований. Ниже предлагается решение, удовлетворяющее следующему принципиальному набору требований:

– простота интерфейса;
– возможность использования в приложениях на языке C++;
– поддержка нескольких режимов ядра СУБД (все данные в памяти; часть данных в памяти, часть на жестком диске; все данные на жестком диске; перенаправление части запросов на обращение к жесткому диску);
– классические требования к СУБД: создание резервных копий, поддержка языка запросов, авторизации, поддержка ACID (атомарность согласованность, изолированность, стойкость), поддержка нескольких клиентов одновременно.

Этот набор требований представляется наиболее общим и потому приемлемым для очень большого числа организаций или предприятий,

нуждающихся в поддержке и развитии высоконагруженных веб-приложений.

1. Разработка моделей

Очевидная модель работы СУБД – это клиент-сервер: клиент отправляет запросы к серверу, который его обрабатывает и отдает соответствующий ответ. Поэтому необходимо разработать архитектуру двух приложений, а также их методы взаимодействия друг с другом.

Наиболее удобный формат для подобной документации – UML-диаграмма [3]. В её основе лежит специально разработанный графический язык, который описывает архитектуру приложения в терминах объектно-ориентированного программирования (ООП): классы, методы, их взаимодействие друг с другом.

На рисунках 1, 2 представлены UML-диаграммы классов разрабатываемого проекта. Поскольку модель работы СУБД – клиент-серверная, то на диаграмме изображены две главные части проекта – клиент (Client) и сервер (DataBase) (выделены прямоугольниками).

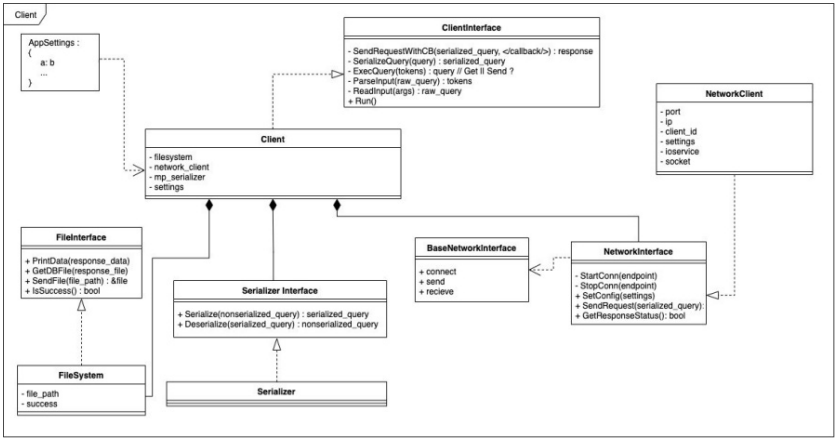


Рис. 1. UML-диаграмма классов клиентской части приложения

Клиент и сервер взаимодействуют друг с другом через классы NetworkInterface (представляет программный интерфейс приложения, его функционал) и TCPServerInterface (принимает запросы клиентов, и отправляет им данные).

Ядро СУБД описывается классом ServerManager, который взаимодействует с остальными модулями приложения: работа с сетью, авторизация. ServerManager оперирует массивом баз данных, с которыми в данный момент работают клиенты.

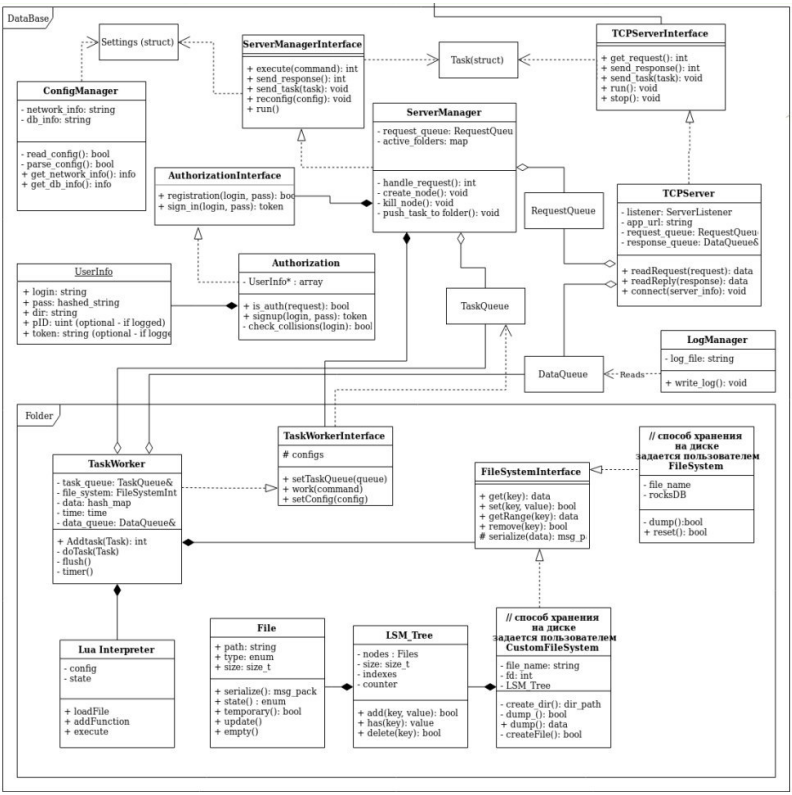


Рис. 2. UML-диаграмма классов серверной части приложения

В этом классе происходит работа с запросами пользователей – разбор запросов, определение того, что нужно сделать с данными. После разбора запроса, на его основе создается задача на исполнение, и она поступает в очередь задач соответствующей базы данных. Экземпляр такой базы данных описывает модуль Folder. Он содержит очередь задач в классе TaskWorker, которые поступают от клиентов. В классе TaskWorker происходит непосредственно выполнение задачи.

Журналирование запросов устанавливается в настройках, чтобы в случае аварийного завершения программы данные не пострадали. Класс LogManager может просматривать очередь задач, и в зависимости от настроек может осуществляться журналирование запросов.

В случае, если запрос является скриптом для извлечения данных, то DataWorker подготавливает и передает его классу LuaInterpreter, который затем исполняется интерпретатором языка Lua.

Вся работа с жестким диском и оперативной памятью происходит в классе FileSystem. Он осуществляет сброс данных на диск, а также загрузку этих данных в оперативную память.

После выполнения запроса его результат передается в очередь выполненных задач, с которой работает класс ServerManager. После изъятия из очереди результата запроса, формируется ответ от сервера на его основе и отправляется клиенту, используя класс TCPServer.

Перед тем, как приступать к реализации описанной схемы, требуется разработать модели представления данных, с которыми будет оперировать конечный пользователь СУБД. Зная модели и термины, их определяющие, можно создать скриптовый язык, наличие которого необходимо для работы с СУБД конечному пользователю.

В качестве базы данных было введено понятие «folder» (папка). У каждого пользователя может несколько папок. Пользователь может производить различные операции с каждой из них: добавлять/удалять/обновлять элементы, искать по ключам, делать копию данных. Простейший сценарий работы представлен на листинге 1. Элемент базы данных – это пара «ключ-значение». Важным аспектом при реализации являются поддерживаемые типы данных в СУБД. Для начального этапа было принято решение использовать в качестве типа ключей – строки, а для значений – бинарное представление. В будущем поддерживаемые типы для значений могут быть расширены на числа и строки.

2. Реализация архитектуры

Для реализации был выбран следующий базовый сценарий работы:

- авторизация пользователя;
- создание «папки», определяющей базу данных;
- работа с папкой;
- разрыв соединения.

Исходя из этого сценария СУБД должна обладать следующим функционалом:

- авторизация;
- создание пользователя;
- смена пользователя;
- создание баз данных;
- смена баз данных;
- удаление баз данных;
- журналирование;

– работа с элементами «папки» – ключами и их значениями (создание/изменение/удаление/поиск);

– создание резервных копий.

Важнейшим фактором в работе СУБД является скорость её работы [4]. С другой стороны, разработка с использованием высокоуровневых языков программирования, в которых возможно использование ООП парадигмы, ускоряет время, затрачиваемое на написание программы. Учитывая эти факторы, а также существующие библиотеки, способные упростить разработку, языком программирования для проекта был выбран C++, отвечающий заданным критериям. C++ позволяет использовать преимущества низкоуровневого программирования для обеспечения скорости работы в сочетании с удобным синтаксисом, ООП и библиотеками Boost.

В качестве протокола общения между клиентом и сервером был выбран TCP, поскольку он часто используется в аналогичных проектах. Это обуславливается тем, что чем более высокоуровневым является протокол передачи данных (по модели ISO/OSI), тем больше в нем функций. Если функции высокоуровневого протокола не нужны, то его использование – это трата ресурсов. TCP подходит к нашим требованиям.

Конечный пользователь взаимодействует с сервером базы данных, используя программный клиент и скриптовый язык запросов. В случае реляционных СУБД – это обычно SQL, в случае NoSQL СУБД он может отличаться у каждой реализации. В нашем случае, был разработан простой скриптовый язык запросов, покрывающий все сценарии работы с СУБД. Для его исполнения в клиент встроен интерпретатор этого языка, который отправляет разобранный запрос на сервер.

Основная особенность работы данной СУБД – при соединении с базой данных (папкой) создается поток, в котором происходит обработка запросов к этой папке. Таким образом оптимальное количество работающих параллельно папок ограничивается числом ядер процессора системы, на которой работает сервер.

Чтобы обеспечить работу с объемом данных, превышающим физически доступную оперативную память, был разработан класс, поддерживающий различные библиотеки для работы с жестким диском. Хорошо себя зарекомендовало использование LSM-дерева (log-structured merge tree) для хранения и доступа к данным типа «ключ-значение» [5], вместо более распространённого B-дерева [6]. Поэтому для работы с жестким диском была выбрана СУБД RocksDB, основанная на этой структуре данных. В будущем она может быть заменена на

разработанную под собственные нужды систему на основе такого подхода.

```
> create user_name    # создание пользователя
pass: *****           # ввод пароля
OK
> connect user_name 1 # подключение от пользователя user_name к базе данных '1'
pass: *****           # ввод пароля пользователя
OK
> set key value       # задание значения
OK
> get key             # получение значения
value
> disconnect          # отключение от базы данных '1'
OK
> kill 1              # удаление базы данных '1'
pass: *****
OK
>exit                 # выход из интерпретатора
```

Рис. 3. Простейший сценарий работы с разрабатываемой СУБД

Поскольку, данные для одной базы данных обрабатываются в одном потоке, то это обеспечивает персистентность данных, так как данные не могут быть изменены извне. В будущем, при добавлении поддержки транзакций эта функциональность может быть очень полезна.

Заключение

Предложенное решение по управлению данными на основе NoSQL использует наработки аналогов и лидеров на рынке, а также предоставляет простой интерфейс и конфигурирование, что может помочь при внедрении данной технологии.

Это решение в силу набора требований, положенных при проектировании, может быть полезным для широкого круга растущих компаний, работающих с большими данными и с большим числом запросов.

Несмотря на работающий прототип, продукт требует доработок, прежде чем сможет быть подвергнут нагрузочному тестированию и станет возможным провести полноценное сравнение данной работы с лидерами индустрии.

Список литературы

1. Клеппман, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / М. Клеппман. – СПб.: Питер, 2018. – 640 с.

2. Документация к серверу приложений и СУБД Tarantool [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.tarantool.io/ru/doc/~latest/Tarantool-ru.pdf

3. Описание Unified Modeling Language [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.uml.org/what-is-uml.htm

4. Kabakus A.T., Kara R. / A.T. Kabakus, R. Kara // A performance evaluation of in-memory databases. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, Volume 29, Issue 4, 2017. – P. 520-525, ISSN 1319-1578, https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.06.007

5. Luo C., Carey M.J. / C. Luo, M.J. Carey // LSM-based storage techniques: a survey. The VLDB Journal 29, 2020. – P. 393–418 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://doi.org/10.1007/s00778-019-00555-y

6. Graefe G., Kuno H. Modern B-tree techniques / G. Graefe, H. Kuno // IEEE 27th International Conference on Data Engineering. – Hannover, 2011. – P. 1370-1373, doi: 10.1109/ICDE.2011.5767956

Разработка компьютерной игры для обучения языку SQL

А. Э. Потемкина, email: potemkina.ae@gmail.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.ru

«Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В статье рассмотрен процесс разработки компьютерной игры для обучения языку SQL. Произведен анализ функциональности приложения. В ходе работы спроектированы модель данных и структура приложения. Выполнена практическая реализация компьютерной игры.*

Ключевые слова: *Компьютерная игра, обучающая игра, модель данных, SQL.*

Введение

На рынке современных компьютерных и мобильных игр существует небольшое количество приложений, посвященных обучению языку SQL. Такие приложения предлагают пользователю возможность самостоятельно изучить язык SQL в игровом формате. Подобный подход является привлекательным для желающих приобрести или повысить навыки в сфере работы с базами данных.

Многие из существующих приложений реализуют фиксированные короткие образовательные программы, в которых отсутствует теоретический материал, позволяющий изучить язык SQL. Другие не отвечают современным требованиям компьютерной игры в сфере оформления визуальных интерфейсов и удобства в эксплуатации. Нигде не реализуется рейтинговая система, стимулирующая пользователей к решению задач. Так же большинство приложений не акцентируют внимание пользователя на грамотном написании SQL команд и запросов.

Из этого следует необходимость создания приложения, учитывающее недостатки существующих и поддерживающие их преимущества. Компьютерная игра должна позволять реализовывать программы для обучения студентов и начинающих изучать язык SQL, с которым было бы удобно работать как студенту, так и преподавателю.

© Потемкина А. Э., Матвеева М. В., 2021

1. Анализ существующих приложений

В настоящее время существует небольшое количество компьютерных и мобильных игр, обучающих языку SQL. Среди них наиболее известные:

1. SoloLearn;
2. SQL рецепты;
3. DataCamp;

Сравнительный анализ их функциональности приведен в таблице 1:

Таблица 1

Сравнительный анализ существующих приложений

Критерий сравнения	SoloLearn	SQL рецепты	DataCamp
Личный кабинет	+	-	+
Рейтинг пользователей	-	-	-
Современный дизайн	+	-	+
Поддержка русского языка	+	+	-
Платный контент	+	-	+
Предоставление теоретического материала	+	+	-
Автоматическое исправление SQL команд	-	-	-
Поддержка оператора SELECT	+	+	+

Из представленных данных можно сделать вывод о необходимости создания игры, учитывающей недостатки существующих приложений и поддерживающее их преимущества.

2. Функциональность приложения

Требовалось спроектировать и реализовать приложение, обладающее следующей функциональностью:

– регистрация и авторизация пользователей;
– личный кабинет пользователя;
– предоставление пользователю возможности выбрать из списка доступных задач;
– решение пользователем представленных задач;
– вывод информации о правильности решенной задачи;
– рейтинговая система;

– предоставление пользователю возможности просматривать рейтинг;

– автоматическое исправление SQL команд на правильное написание;

– удаление и добавления пользователя администратором.

Автоматическое исправление SQL команд помогает пользователю акцентировать внимание на грамотности запросов с точки зрения написания. То есть команды языка SQL должны быть написаны прописными буквами, а названия столбцов и таблиц так, как указано в базе данных.

Приведенная выше функциональность реализована в приложении. На рис. 1 представлена функциональность приложения, изображенная на диаграмме вариантов использования.

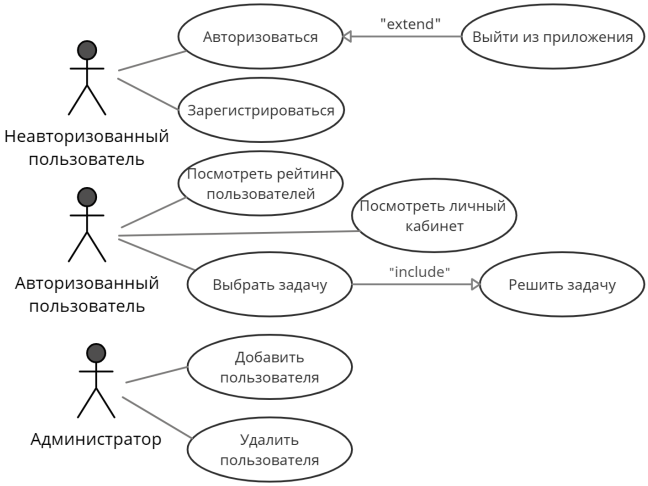


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

3. Анализ структуры приложения.

При проведении анализа структуры приложения, была составлена примерная схема компонентов приложения (рис. 2)/

База данных приложения хранит информацию о пользователях и другие системные таблицы. Учебная база данных используется пользователем при решении задач.

Сервер осуществляет связь между базами данных и приложением.

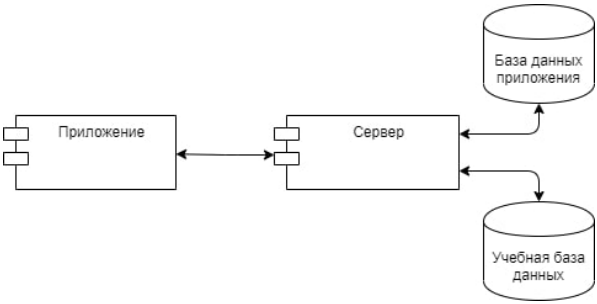


Рис. 2. Схема компонентов приложения

В ходе работы была спроектирована модель данных приложения, которая включает следующие компоненты:

1. «Пользователи». Хранит: индивидуальный номер пользователя; логин; пароль; имя; фамилию; роль.
2. «Задания». Включает в себя: индивидуальный номер задания; текст задания; ответ к заданию.
3. «Пользователь-задача». Связующий элемент между задачей и пользователем. Включает в себя: индивидуальные номера пользователя и задачи, а так же баллы, которые пользователь получил за решение определенного задания. На основе этого будет формироваться рейтинг.
4. «Роль пользователя». Хранит данные о ролях пользователя в системе. Будет содержать в себе всего две записи, соответствующие роли пользователя и роли администратора.

4. Средства реализации

При реализации проекта использовались следующие программные средства:

1. Интерактивная среда разработки Microsoft Visual Studio 2019.
2. Язык разработки C#.
3. Реляционная система управления базами данных MySQL.
4. Программный инструмент моделирования StarUML.
5. Программное обеспечение для сборки веб-сервера XAMPP.

5. Структура приложения

Физические взаимосвязи между аппаратными компонентами приложения отображены на диаграмме развертывания на рис. 3.

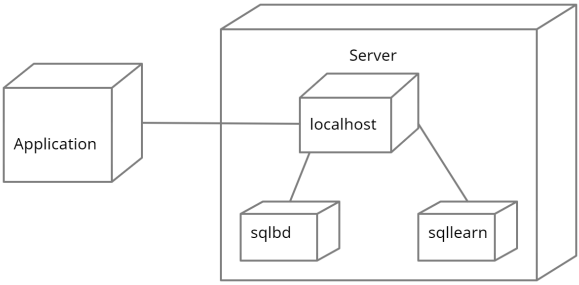


Рис. 3. Диаграмма развертывания

Детально узлы схемы описаны в таблице:

Таблица 2

Структура приложения

Узел	Описание
Application	Приложение.
Localhost	Сервер приложений. Осуществляет связь с базами данных и самим приложением.
Sqlbd	Системная база данных.
Sqllearn	Учебная база данных.

На рис. 4 представлена структура программных средств изображенных на диаграмме компонентов.

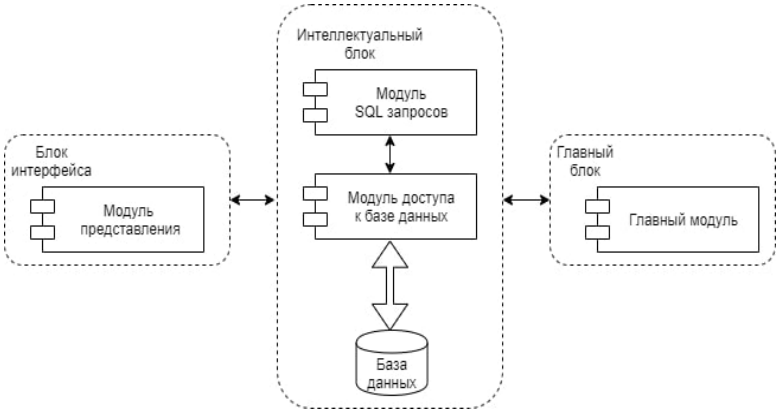


Рис. 4. Диаграмма компонентов архитектуры программных средств

Задачи и функции каждого модуля:

Главный модуль представляет собой класс Main, который содержит в себе метод, отвечающий за запуск приложения:

Модуль представления отвечает за создание и размещение элементов управления на форме.

Модуль доступа к базе данных – модуль, отвечающий за передачу запросов в базу данных и обработку полученных от нее ответов.

Модуль SQL запросов – модуль, отвечающий за грамотное написание команд и запросов. Содержит в себе метод CorrectionSqlQuery(). Этот метод реализует алгоритм исправления запросов, которые являются неправильными с точки зрения написания. Все команды языка SQL пишутся прописными буквами, а название столбцов и таблиц так, как указано в базе данных

Ниже представлены основные классы приложения и их главные задачи:

1. Главный класс Program, который отвечает за запуск приложения и загружает форму авторизации.
2. Вспомогательный класс DB, отвечающий за подключение приложения к базе данных. Содержит в себе методы, отвечающие за открытие соединения с базой данных и закрытие соединения, а также метод, который устанавливает соединение с базой.
3. Вспомогательный класс DataBank. Данный класс содержит список переменных, которые необходимы для передачи информации из одного класса в другой.
4. Класс SQLquery. Содержит в себе метод, реализующий алгоритм исправления запросов, которые являются неправильными с точки зрения написания.

6. Модель данных

Описание таблиц базы данных приведено в таблице 3.

Таблица 3

Описание таблиц базы данных приложения

Таблица	Столбец	Описание
Users	id_user	Идентификационный номер
	Login	Логин пользователя
	password	Пароль пользователя
	Name	Имя пользователя
	lastName	Фамилия пользователя
	id_role	Роль пользователя

Окончание таблицы 3

Roles	id_role	Идентификационный номер
	Role	Имя роли
Tasks	id_task	Идентификационный номер
	Task	Условие задачи
	Answer	Ответ к задаче
users_tasks	id_ub	Идентификационный номер
	id_user	Идентификационный номер пользователя, решившего задание
	id_task	Идентификационный номер задания
	Ball	Баллы, полученные пользователем

7. Алгоритм исправления SQL команд

Для исправления SQL команд и вывода правильно отформатированного запроса, необходимо выполнить алгоритм, представленный ниже:

– ввести команду или запрос;
– нажать на кнопку проверки;
– найти SQL команду;
– если команда не найдена, то перейти к п. 7, иначе перейти к п. 5;
– проверить на правильность написания, если команда корректна, то есть все названия таблиц и столбцов указаны так же, как и в базе данных, а команды языка SQL написаны прописными буквами, в этом случае перейти к п. 7, иначе к п. 6;
– если команда отличается от заданного верного написания, удалить эту команду, на место удаленной вставить команду верного написания;
– конец алгоритма.

Данный алгоритм, реализованный в программе позволит пользователю акцентировать внимание не только на составлении запроса, но и на правильности написания команд языка манипулирования данных и названий таблиц или столбцов.

Заключение

В результате работы была спроектирована и реализована компьютерная игра, позволяющая:

– регистрироваться и авторизоваться новым пользователям;
– решать пользователю задачи по обучению языка SQL;
– автоматически проверять задачи и выводить результаты их проверки;

– вести рейтинг пользователей;

– просмотреть пользователю свой личный кабинет и рейтинг;

– автоматически исправлять запросы и команды SQL языка, которые являются неправильными с точки зрения грамотного написания;

– возможность пользователя с правами администратора добавлять и удалять других пользователей.

Список литературы

1. Программирование на Microsoft ADO.NET 2.0 / Д. Сеппа; пер. с англ. – М.: Издательство «Русская редакция»; СПб: Питер, 2007. – 784 с.

2. MySql 5.0/ В. Гольцман; Текст предоставлен издательством http://litres.ru/MySQL 5.0. Библиотека программиста: Питер; Санкт-Петербург; 2010.

3. Куликов, С. С. Работа с MySQL, MS SQL Server и Oracle в примерах : практ. пособие. / С. С. Куликов. – Минск: БОФФ, 2016. – 556 с.

Автоматизация планирования инженерно-конструкторских работ

А.И. Радаева, email: radahc@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. *Предметом исследования является автоматизация планирования инженерно-конструкторских работ в проектной организации. Основная научно-практическая проблема: повышение точности, своевременности поступления учетных данных о ходе работ проекта, сокращение трудозатрат, автоматизация процесса обмена информации о ходе работ проекта. Была построена и оценена модель текущего бизнес-процесса обмена информации внутри управления, был проведен обзор решений, выбор был принят с помощью метода анализа иерархий Т. Саати. Были оценены эффекты внедрения ИТ-проекта, в том числе экономические.*

Ключевые слова: *информационная система управления проектной организацией, информационная система управления проектами, веб-портал.*

Введение

Большинство организаций, осуществляющих проектную деятельность, такие как строительные компании, предприятия машиностроения, приборостроения и ремонта сложной техники, используют корпоративные системы управления проектами (КИС УП), благодаря которым обеспечена эффективность бизнес-деятельности.

КИС УП – человеко-машинная система, предназначенная для выполнения технологических процессов обработки информации – от планирования проекта и его обеспечения, сбора и регистрации данных о ходе работ проекта для выдачи управленческих решений. Объектом управления выступают различного вида проекты, портфели проектов и программы проектов.

Задача учета хода работ проекта требует получения данных путем организации сбора первичной информации, передачи по каналам связи, обеспечения достоверности и своевременности поступления сведений на обработку. От решения этой задачи зависит общий результат проекта.

Актуален вопрос разработки типового технологического процесса сбора первичных данных и их отражения в проект. Источники первичных данных и объект проекта могут находиться в удалении, а

© Радаева А. И., 2021

также существовать множество учетных точек, при этом возможны различные способы выполнения технологических операций сбора и передачи информации.

Целью исследования являлся выбор и его обоснование информационной системы управления проектной организацией, платформы для веб-портала для обмена проектной информацией.

В качестве объекта исследования выступает отдел проектного управления транснациональной компании, ключевое направление деятельности которого является оборудование машинных залов атомных электростанций.

1. Материалы и методы

В первую очередь был проведен анализ объекта исследования, в ходе которого были выявлены негативные характеристики бизнес-процесса обмена проектной информацией внутри компании и их влияние на бизнес. Текущий бизнес-процесс отражается на бизнесе финансовыми убытками за счет неэффективного расхода рабочего времени сотрудников. Получаемая информация не удовлетворяет всем требованиям качества информации по COBIT 5, а уровень зрелости процесса сбора согласно требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 33001–2017 и 33020–2017, достаточно низок, а именно, 1 по шестизначной порядковой шкале.

Следующим шагом был анализ соответствующей литературы: статей и учебников по данной тематике. Следует отметить автора статей Дженнифер Уайт, так как она написала много интересных статей про информационные системы управления проектами.

Далее был проведен обзор платформ для веб-порталов, выбор из альтернатив был совершен с помощью метода анализа иерархий Т. Саати и инструментального средства – программного продукта поддержки принятия решений SuperDesisions. В результате в качестве платформы для веб-портала был выбран Microsoft SharePoint.

Для подтверждения правильности выбора решения была проведена оценка эффектов, в том числе экономических, с помощью таких методов, как Total Cost of Ownership и Performance Reference Model.

2. Результаты

Необходимо рассмотреть те информационные системы, которые позволяют обмениваться информацией о проекте, то есть внешне пользователь системы должен видеть некоторый образ информационной системы управления проектами (таблица, отображающая основные характеристики работ проекта). После исследования статей и других

литературных источников было принято решение о создании веб-портала на базе некоторой платформы.

Были предложены три альтернативы: веб-портал на базе Microsoft SharePoint, веб-сервер Oracle TimeSheets и сервис Битрикс24 от компании «1С-Битрикс».

Для выбора решения были определены следующие ключевые критерии (ранжированы по степени значимости):

1. Функционал системы (обмен информации о проектах, разграничение прав доступа, синхронизация решения с информационной системой управления проектами);
2. Степень автоматизации (имеется в виду степень безучастия человека при обновлении информации в системе);
3. Интерфейс пользователя (простота системы в обучении, простота в использовании);
4. Стоимость решения;
5. Дополнительные возможности (использование системы не только для поставленных целей, но и для решения других, необозначенных проблем, таких как создание корпоративной социальной сети, система электронного документооборота и прочее).

Матрица попарного сравнения критериев выбора по методике анализа иерархий Т. Саати была заполнена на основании следующих суждений:

– функционал системы абсолютно важнее (9) дополнительных возможностей, значительно важнее (5) интерфейса пользователя и стоимости внедрения решения и незначительно важнее (3) степени автоматизации процесса переноса данных;

– стоимость решения незначительно важнее (3) дополнительных возможностей информационной системы;

– степень автоматизации процесса явно важнее (7) дополнительных возможностей информационной системы, значительно важнее стоимости внедрения решения и незначительно важнее (3) интерфейса пользователя;

– интерфейс пользователя значительно важнее (5) дополнительных возможностей информационной системы;

– интерфейс пользователя и стоимости внедрения решения в равной степени важны (1).

В результате был образован нормализованный вектор приоритетов критериев, который подтверждает правильность заполнения матрицы: наиболее важным критерием является функционал, вторым по важности – степень автоматизации и так далее. Также программой был рассчитан

индекс согласованности. Он равен 4,79%, и так как его значение меньше 10%, можно сделать вывод о согласованности введенных значений приоритетов критериев при их попарном сравнении. Вышеописанные результаты представлены на рисунке 3.

После этого с помощью матрицы попарного сравнения были сравнены альтернативы по различным критериям на основе следующих критериев:

– по функционалу наиболее соответствующей программой является MS SharePoint, так как выполняет все требуемые функции. MS SharePoint явно преобладает (7) над 1С Битрикс24, так как Битрикс24 по сути является инструментом для планирования собственных работ пользователя и имеет ограниченные возможности. Также MS SharePoint незначительно преобладает (3) над Oracle Timesheets, так как продукт Oracle хоть и выполняет все необходимые функции, но также предназначена для разработки расписания сотрудников, в связи с чем не имеет такие важные характеристики работ проекта как тип взаимосвязи.

– Oracle Timesheets и MS SharePoint равны (1) по степени автоматизации, так как оба продукта интегрируются в КИС УП Oracle Primavera P6 Professional и автоматизировано переносят введенные данные из веб-портала в КИС УП и наоборот, при этом они абсолютно преобладают (9) над 1С Битрикс24, так как у продукта 1С такой функции нет.

– интерфейс пользователя в 1С Битрикс24 наилучший среди представленных систем, так как он полностью русскоязычен и имеет удобные пользовательские функции. 1С Битрикс24 незначительно преобладает (3) над MS SharePoint и явно преобладает (7) над Oracle Timesheets, так как последний продукт совершенно не адаптирован на русского пользователя;

– стоимость решения самая привлекательная у Битрикс24 и составляет около 12 тысяч рублей, то есть 1С Битрикс24 абсолютно преобладает (9) над MS SharePoint (стоимость решения 109 тысяч рублей) и значительно преобладает (5) над Oracle Timesheets (45 тысяч рублей).

– самые широкий спектр дополнительных возможностей у MS SharePoint, так как она может быть платформой для корпоративной социальной сети и работать в качестве системы электронного документооборота; она явно преобладает (7) над Oracle Timesheets, так как последний продукт имеет лишь дополнительную возможность составления обычных расписаний сотрудников, а также незначительно преобладает (3) над 1С Битрикс24, так как он имеет возможность

видеоконференций, планирования расписания встреч с коллегами и другие элементы расписания работы.

В результате заполнения матрицы был образован нормализованной вектор приоритетов альтернатив по критерию функционала системы, по которому можно сделать вывод о превосходстве функционала MS SharePoint над остальными альтернативами.

Итак, с помощью предельной матрицы было найдено наиболее подходящая альтернатива – MS SharePoint в качестве информационной системы правления проектной организацией.

Для уверенности в выбранном решении необходимо определить предполагаемые эффекты от внедрения MS SharePoint – ИТ-проекта.

3. Эффекты от внедрения ИТ-решения

Одним из важнейших эффектов от внедрения ИТ-проекта с точки зрения бизнеса является экономический эффект. Он обоснован прежде всего сокращением трудозатрат, так как ручные бизнес-процессы сотрудников (ввод данных с клавиатуры под диктовку, физические посещения сотрудника для «добычи» информации) будут заменены автоматизированными. Сокращение трудозатрат на данные операции в свою очередь приводят к повышению эффективности труда сотрудника, то есть за единицу времени работник сможет выполнять больший объем задач.

Точный подсчет затрачиваемого на автоматизируемые задачи времени сотрудников невозможен в связи с тем, что многие операции неявные. Тем не менее, приблизительные значения таковы: время ожидания готовности обоих участников беседы составляет не менее 4 часов, время устной передачи информации составляет 30 минут, а процессы отправки данных стабильно занимают 30 минут. Проверка информации на полноту и правильность (соблюдение формата) занимает у менеджера проекта 10 минут, перенос данных в КИС УП – 30 минут. Свободное время менеджера проекта в данном случае достаточно условно, так как фактически он может прервать текущие дела и заняться переносом данных сразу, поэтому при расчете длительности выполнения учетной операции эти затраты времени не будут учтены. Таким образом, учетная информация, появившаяся у отправителя, вводится в КИС УП через 1-5 часов, в зависимости от выбора способа передачи информации отправителем. На одну учетную операцию менеджер проекта тратит по 1 часу и 10 минут, отправитель – 2 часа.

В компании работают два менеджера проекта, на них равномерно распределены обязанности обмена информации. За месяц каждый менеджер проекта вводит учетную информацию о проектах в среднем

24 раз. Таким образом, в месяц менеджер проекта тратит на учетную операцию 28 часов, а отправитель – 48 часов.

За среднюю заработную плату отправителя примем 80 тыс. рублей, а заработная плата менеджера проекта составляет 60 тыс. рублей. В среднем сотрудник работает в месяц 176 часов, тогда часовая ставка менеджера проекта равна 341 рубль, а отправителя – 455 рублей. Общая трудоемкость данной операции составит 62 776 рублей. Аналогичными будут и показатели другой операции – добыча информации о проектах сотрудниками у менеджеров проектов. Таким образом, трудоемкость второй операции составляет также 62 776 рублей в месяц. Тогда стоимость данных операций составляет 125 552 рубля в месяц.

После внедрения ИТ-проекта в бизнес-процессы компании операция каждого сотрудника на добычу и ввод информации составит в среднем 10 минут. Таким образом, 192 операции в месяц, составляющие обмен информации о проектах, займут примерно 32 часа. Таким образом, затраты на операцию после внедрения ИТ-проекта составят 12 736 рублей.

Однако, как было описано ранее, внедрение Microsoft Teams влечет за собой ежемесячные затраты на пользование веб-сервером на данной платформе в размере 109 тысяч рублей. Тогда стоимость данных операций в будущем составит порядка 122 тысяч рублей, что практически равно тратам при модели As-Is.

Вот почему расчет экономической эффективности как отношение экономического эффекта, рассчитанного методом Total Cost of Ownership (TCO), к затратам, не подходит для данного случая, поэтому потребуется системный метод расчета экономической эффективности Performance Reference Model (PRM), который учитывает особенности внедрения решения в области ИТ. Областями оценки являются улучшение результатов выполнения миссии предприятия, возможностей, предоставления услуг (товаров), роста объемов транзакций, рост экономической эффективности.

В качестве улучшения результатов выполнения миссии предприятия выступают следующие эффекты:

Сокращение длительности бизнес-процессов обмена информации о проекте;

Улучшение качества информации, циркулирующей в компании, ведущее к сокращению количества неверно принимаемых решений на основе данных о проекте в информационной системе управления проектами;

Увеличение удобства пользователей внедряемой системы – как администраторов проектов, так и инженеров.

Улучшенные возможности предприятия:

Возможность удаленного взаимодействия пользователей с проектами (просмотр, редактирование);

Возможность более детального планирования проектов в связи с удобством системы и сокращения времени на данный бизнес-процесс.

При увеличении детализации проектов администрация в лице финансового директора может отслеживать расписание сотрудников и оценивать реальный вклад работников компании для более верного распределения ресурсов компании.

Очевиден потенциальный рост экономической эффективности компании: миссией ИТ-решения является не только улучшение коммуникаций между участниками проектов, но и развитие компании в области управления человеческими ресурсами. При появившейся прозрачности деятельности сотрудников компании можно как уволить не приносящих реальный вклад некоторых работников, так и поощрить остальных.

Также значительно улучшается качество циркулирующей информации. Так как деятельность компании заключается в проектировании оборудования машинных залов атомных электростанций, неточности информации недопустимы и могут привести к мировым катастрофам. Вот почему качество информации в данной компании является ключевым фактором успеха деятельности организации. Действительно сложно оценить потенциальные убытки от неверной информации и вероятность наступления таких неблагоприятных событий. В данном случае не стоит оценивать эффект с экономической точки зрения, но стоит оценивать с моральной, экологической и прочих фундаментальных точек зрений, куда более важных, чем финансы.

В случае, когда больший объем задач выполнить невозможно или не имеет смысла, сотрудник может потратить свободное время на другие работы: повторение инструктажей, чтение дополнительной литературы касаемо области своей рабочей деятельности, анализ своих бизнес-процессов, анализ использования собственных ресурсов и прочие мероприятия, которые приводят к потенциальным новым неявным различным эффектам. Так, например, инженера может посетить инновационная идея, связанная с проектированием, начальник отдела может узнать о более эффективных способах взаимодействия с подчиненными, а рядовой сотрудник может начать вести учетный файл для более быстрого ориентирования в проделанной работе для различных целей.

Даже релаксация, отвлечение от рабочих мыслей в реальной ситуации могут способствовать улучшению деятельности сотрудника, так как он возвращается к обязанностям «с новыми силами» и работает эффективнее.

4. Обсуждение

Исследование автоматизирующих средств привело в итоге к размышлениям о качественном менеджменте, об управлении человеческими ресурсами, ведь, как оказалось, автоматизация бизнес-процесса приводит не только к очевидным результатам, как сокращение трудозатрат, но и к возможностям внедрить в рабочий процесс новые виды деятельности, которые не напрямую, а косвенно положительно влияют на бизнес: релаксация, анализ собственной деятельности и прочее. Не следует забывать и об основном предмете исследовании, как ни странно, сам веб-портал Microsoft SharePoint также дает неочевидные положительные эффекты: приятный для пользователя интерфейс, легкая, но главное, удобная интеграция файлов различных расширений, большие возможности для реализации идей в плане широкого выбора инструментов. В самом деле, положительные эффекты от данного вида автоматизации безграничны.

Вывод

Таким образом, выбрано решение – внедрение портала на базе платформы Microsoft SharePoint, и обосновано различными положительными эффектами, хоть и не выраженными в денежном эквиваленте: сокращением трудозатрат на операции обмена данных о проектах, повышением качества циркулирующей информации, возможностью сотрудников больше сосредотачиваться на анализе и совершенствовании своих бизнес-процессов, а экономическая эффективность ИТ-решения определяется в том числе развитием компании в области управления человеческими ресурсами.

Список литературы

1. Microsoft SharePoint. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/sharepoint/collaboration, свободный. – Дата обращения 28.11.2020.

2. Руководство по настройке Oracle Timesheets. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.oracle.com/cd/E68198_01/English/Configuring/p6_eppm_sharepoint_config/helpmain.htm?toc.htm?54012.htm, свободный. – Дата обращения 28.11.2020.

3. Главная страница Битрикс24. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.bitrix24.ru/, свободный. – Дата обращения 28.11.2020.

4. Саати, Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. – М.: ЛКИ, 2008. 360 с.

5. Загалова, М. М. Особенности автоматизации управления проектами : статья // Вестник современных исследований. – 2017. – 11-1 (14) – С. 199-201.

6. Мачтаков, Л. К. Обзор решений автоматизации информационных систем управления проектами : статья // Научный альманах. – 2016. –12-1 (26).

7. Уайт, Д. How Digital Information Transforms Project Delivery Models (Как цифровая информация меняет модели реализации проектов) : статья // Project Management Journal. – 2019. – Том 50, выпуск 2. – С. 177-194.

8. COBIT 5 Framework США / ISACA, 2012. – ISBN 978-1-60420-290-8

Описание структуры математических объектов

Е. А. Рубцов, email: rea@inistek.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет), кафедра 319

Аннотация. *Работа посвящена описанию структур некоторых математических объектов: граф, универсальное множество, булеан, перестановка, размещение, сочетание.*

Ключевые слова: *модели данных, языки описания данных, структуры, математические объекты, унифицированный язык описания структур.*

Введение

Структура – упорядоченная совокупность внутренних связей некоторого объекта, основная характеристика системы, ее инвариантный аспект [1]. Идеи унифицированного описания структур различных объектов можно найти в работах [2] и [3]. Одной из реализации этих идей является унифицированный язык описания структур [4]. Унифицированный язык описания структур может быть использован для классификации различных структур по аналогии с используемой в биологии классификацией живых организмов. Данная работа посвящена использованию унифицированного языка описания структур для описания структур некоторых математических объектов.

1. Унифицированный язык описания структур

Основная идея языка – представление структуры объектов в виде иерархии элементов структуры, которую можно записать в виде формулы. В случае описания структуры нескольких одинаковых объектов каждый элемент структуры имеет смысловую нагрузку, а в случае описания структуры конкретного объекта – числовые характеристики. Неделимый в рамках описания элемент структуры называется атомарным и обозначается буквой **а**. Множество атомарных элементов обозначается **ам**. Список атомарных элементов обозначается **ас**. Отличия между множеством и списком отображены в таблице 1. Список атомарных элементов, внутри которого все элементы уникальны, обозначается **а*с*** (буква ***с*** набрана курсивом). Группа атомарных элементов, без уточнения множество это или список, обозначается **ах**. Множество множеств атомарных элементов

© Рубцов Е. А., 2021

обозначается **амм**. Список множеств атомарных элементов обозначается **амс**. Список списков атомарных элементов обозначается **асс**. Множество списков атомарных элементов обозначается **асм** и т.д.

Таблица 1

Отличия между множеством и списком

Множество	**Список**
Все элементы уникальны.	Элементы могут повторяться.
Элементы неупорядочены.	Элементы упорядочены.
Максимальный размер равен множеству вещественных чисел.	Максимальный размер равен множеству натуральных чисел.

Полное множество всех возможных с учетом внутренней структуры элементов обозначается буквой **М**, например, **аМ** – множество всех атомарных элементов.

Нижний индекс у элемента **а** обозначает максимальное количество различных атомарных элементов, которые могут присутствовать в объектах. Нижний индекс у элемента **м** обозначает мощность множества. Нижний индекс у элементов **с** и **о** обозначает длину списка. Нижний индекс у элемента **х** означает размер группы: мощность для множества или длину для списка. Нижний индекс может быть задан числом, открытым, закрытым или полуоткрытым интервалом, либо перечнем допустимых значений. Если нижний индекс начинается с символа =, то после него идет математическая формула, при помощи которой можно рассчитать значение нижнего индекса.

Верхний индекс у любого элемента означает повтор в формуле данного элемента заданного количества раз и является формой краткой записи формулы.

Структура языка в нотации диаграммы структур данных [5] представлена на рис. 1.

2. Граф

Граф – это множество вершин и набор неупорядоченных и упорядоченных пар вершин [6]. Неупорядоченная пара вершин называется ребром, упорядоченная пара – дугой. Граф, содержащий только ребра, называется неориентированным. Граф, содержащий только дуги, – ориентированным. Пара вершин может соединяться двумя или более ребрами (дугами одного направления), такие ребра (дуги) называются кратными. Дуга (или ребро) может начинаться и кончаться в одной и той же вершине, такая дуга (ребро) называется петлей.

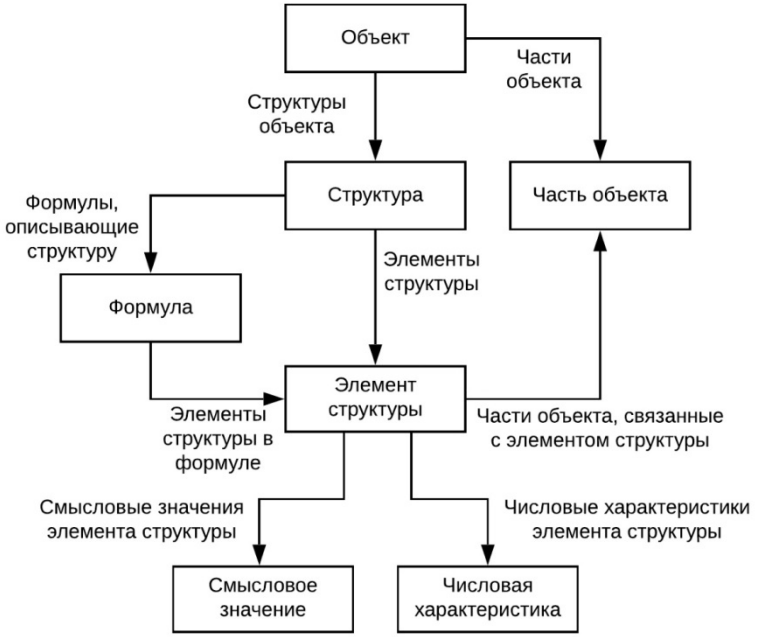


Рис. 1. Структура языка

В качестве атомарного элемента при описании структуры графа можно выбрать вершину. Тогда ребро – это множество из двух вершин, а дуга – это список из двух вершин. Граф в целом – это множество, которое содержит в себе дуги и ребра. Формула структуры графа с n вершинами представлена на рис. 2.

$$a_n x_2 м$$

Рис. 2. Формула структуры графа с n вершинами

3. Универсальное множество

Универсальное множество – некоторое множество, фиксированное в рамках данной математической теории и содержащее в качестве элементов все объекты, рассматриваемые в этой теории [6].

В качестве атомарного элемента при описании структуры универсального множества можно выбрать объект, рассматриваемый в рамках математической теории. Тогда само универсальное множество можно представить в виде множества всех атомарных элементов.

Формула структуры универсального множества с n элементами представлена на рис. 3.

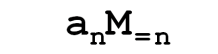


Рис. 3. Формула структуры универсального множества, состоящего из n различных элементов

4. Булеан

Булеан – множество всех подмножеств данного множества.

В качестве атомарного элемента при описании структуры булеана можно выбрать элемент исходного множества. Произвольное подмножество исходного множества можно представить в виде множества атомарных элементов. Булеан в этом случае можно представить как множество всех возможных подмножеств исходного множества. Формула структуры булеана множества с n элементами представлена на рис. 4.



Рис. 4. Формула структуры универсального множества, состоящего из n различных элементов

5. Перестановка

Перестановка – конечная последовательность длины n, все элементы которой различны.

Число всех возможных перестановок из n элементов равно n!.

В качестве атомарного элемента при описании структуры перестановки длины n можно выбрать элемент конечной последовательности. Тогда саму перестановку можно представить в виде списка длины n, все элементы которого уникальны. Все возможные перестановки из n элементов можно представить в виде множества всех возможных списков длины n, все элементы которых уникальны. Формула структуры всех возможных перестановок из n элементов представлена на рис. 5.



Рис. 5. Формула структуры всех возможных перестановок из n элементов

6. Размещение

Размещение с повторениями из n по k – конечная последовательность k элементов некоторого множества из n элементов [6].

Если все члены конечной последовательности различны, то размещение называют размещением без повторений.

Число всех возможных размещений с повторениями из n по k равно nk.

Число всех возможных размещений без повторений из n по k равно n!/(n-k)!.

В качестве атомарного элемента при описании структуры размещения можно выбрать элемент исходного множества с мощностью равной n. Тогда размещение с повторениями можно представить в виде списка длины k, а размещение без повторений можно представить в виде списка длины k, все элементы которого уникальны. Все возможные размещения с повторениями из n по k можно представить в виде множества всех возможных списков длиной равной k. Все возможные размещения без повторений из n по k можно представить в виде множества всех возможных списков длины k, все элементы которых уникальны. Формула структуры для всех возможных размещений с повторениями из n по k представлена на рис. 6. Формула структуры всех возможных размещений без повторений из n по k представлена на рис. 7.



Рис. 6. Формула структуры всех возможных размещений с повторениями из n по k

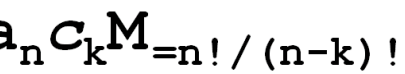


Рис. 7. Формула структуры всех возможных размещений без повторений из n по k

7. Сочетание

Сочетание из n по k – подмножество мощности k некоторого исходного конечного множества мощности n.

Число всех возможных сочетаний из n по k равно n!/(k!*(n-k)!).

В качестве атомарного элемента при описании структуры сочетания из n по k можно выбрать элемент исходного конечного

множества. Тогда сочетание можно представить в виде множества мощности k. Все возможные сочетания из n по k можно представить в виде множества всех возможных множеств мощности k атомарных элементов. Формула структуры всех возможных сочетаний из n по k представлена на рис. 8.

$$a_n м_k M_{=n!/(k!*(n-k)!)}$$

Рис. 8. Формула структуры всех возможных сочетаний из n по k

8. Объект комбинаторики

Структуру таких объектов комбинаторики как перестановка, размещение и сочетание можно описать при помощи одной общей формулы, в которой вместо символов **с**, ***с*** и **м** будет использован символ **x**. Общая формула структуры перечисленных ранее объектов комбинаторики представлена на рис. 9.

$$a_n x_k M$$

Рис. 9. Формула структуры объектов комбинаторики

9. Представление структуры конкретного объекта

Для представления структуры конкретного объекта в рамках унифицированного языка описания структур используются круглые скобки для обозначения списка и фигурные скобки для обозначения множеств. Элементы списков и множеств разделяются запятыми.

На рис. 10 представлена структура булеана множества {1, 2, 3}.

```
{{},{1},{2},{3},
{1,2},{1,3},{2,3},
{1,2,3}}
```

Рис. 10. Структура булеана множества {1, 2, 3}

На рис. 11 представлена структура всех перестановок для последовательности, состоящей из цифр 1, 2, 3.

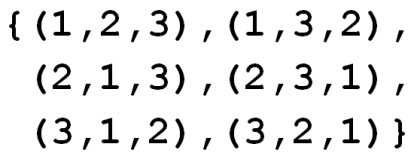


Рис. 11. Структура всех перестановок для последовательности, состоящей из цифр 1, 2, 3

На рис. 12 представлена структура всех размещений с повторениями из 3 по 2 для множества {1, 2, 3}.

На рис. 13 представлена структура всех размещений без повторений из 3 по 2 для множества {1, 2, 3}.

На рис. 14 представлена структура всех сочетаний из 3 по 2 для множества {1, 2, 3}.

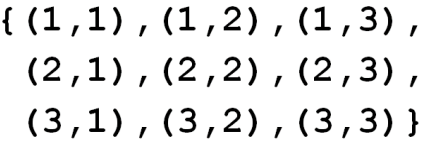


Рис. 12. Структура всех размещений с повторениями из 3 по 2 для множества {1, 2, 3}

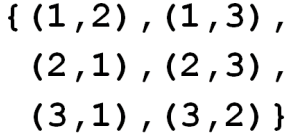


Рис. 13. Структура всех размещений без повторений из 3 по 2 для множества {1, 2, 3}

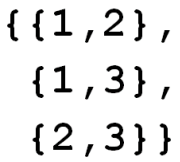


Рис. 14. Структура всех сочетания из 3 по 2 для множества {1, 2, 3}

Заключение

При помощи унифицированного языка описания структур было выполнено описание структур таких математических объектов как граф, универсальное множество, булеан, перестановка, размещение с повторениями, размещение без повторений, сочетание, объект комбинаторики. Были приведены примеры описания структур конкретных объектов.

Список литературы

1. Гуманитарная энциклопедия [Электронный ресурс] : структура. – Режим доступа: https://gtmarket.ru/concepts/7096/
2. Рубцов, Е.А. Об одном подходе к описанию информационных структур / Е. А. Рубцов // XVIII Межд. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2018), 7 том (Воронеж, 8-9 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 64-69.
3. Рубцов, Е.А. Унифицированный метод описания структурированных объектов / Е. А. Рубцов // Материалы XIX Межд. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2019), (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 984-988.
4. Рубцов, Е.А. Унифицированный язык описания структур / Е. А. Рубцов // Материалы участников XX Межд. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2020), (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.). – Воронеж, 2020. – С. 1283-1291.
5. Bachman, C.W. Data structure diagrams / C.W. Bachman // ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems. – Summer 1969. – Vol. 1. – Issue 2. – P. 4-10.
6. Математическая энциклопедия [Электронный ресурс] : словари и энциклопедии – Режим доступа : http://endic.ru/enc_math/

Опыт масштабирования портала электронного обучения Воронежского Государственного университета в период пандемии

М.П. Ряполов, email: riapolov@vsu.ru
А.П. Толстобров, email: tap@vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрен опыт масштабирования ресурсов образовательного портала «Электронный университет ВГУ» в период пандемии для обеспечения возможности перевода образовательного процесса университета в дистанционный и смешанный форматы.*

Ключевые слова: *электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, системы дистанционного обучения, информационно-образовательная среда вуза, LMS.*

Введение

В период пандемии все учебные заведения мира в той или иной степени столкнулись с необходимостью форсированного перехода на онлайн-обучение. Степень готовности к таким переменам у всех у них была очень разная, но можно говорить о двух ключевых проблемах – это платформа электронного обучения и цифровые компетенции преподавателей. Создание и использование электронных образовательных ресурсов имело место и задолго до этих событий. При этом, однако, как правило, электронные курсы использовались как дополнение к обычному учебному процессу. Необходимость с марта 2020 года массового перевода из-за пандемии всего учебного процесса в онлайн вызвал лавинообразный рост проблем, решение которых потребовало больших усилий для обеспечения бесперебойного функционирования образовательного процесса учебного заведения.

1. Состояние до начала марта 2020 года

К началу пандемии в ВГУ уже достаточно давно функционировал образовательный портал «Электронный университет ВГУ» [1] на базе популярной в мире LMS Moodle [2]. Количество посетителей портала колебалось около тысячи пользователей в день, количество просмотров сайта в среднем составляло около 30 000 в день. Портал в это время работал на одной виртуальной машине с 8 ядрами и 12Гб оперативной памяти. На этом единственном сервере работал веб-сервер nginx,

© Ряполов М.П., Толстобров А.П. 2021

интерпретатор php, база данных mariadb и конвертор документов на основе LibreOffice. Дополнительно к серверу СДО был установлен сервер видеоконференций BigBlueButton [3]. Он был установлен в виртуальной машине с 4 процессорными ядрами и 8Гб оперативной памяти. Этих ресурсов с большим запасом хватало на функционирование портала в спокойном режиме работы преподавателей и студентов университета примерно с 500 электронных курсов, как правило, используемых как дополнение к обычному формату обучения.

В начале марта в дни объявления перехода на дистанционный формат обучения в виртуальную машину сервера портала сразу же было добавлено ещё 4 процессорных ядра, и 4Гб оперативной памяти. Ресурсы сервера видеоконференций BigBlueButton был так же расширены до 12 процессорных ядер и 16 Гб оперативной памяти.

Эти значения были выбраны по максимально возможным на то время ресурсам, которые можно было выделить в имеющемся университетском кластере виртуализации.

2. Работа в первом семестре

Начиная с середины марта, когда было объявлено о переходе на дистанционную работу со студентами, нагрузка на сервер портала начала быстро увеличиваться и в течении двух недель достигла отметки уже в 15 000 посетителей и 400 000 просмотров в сутки (см. рис. 1).

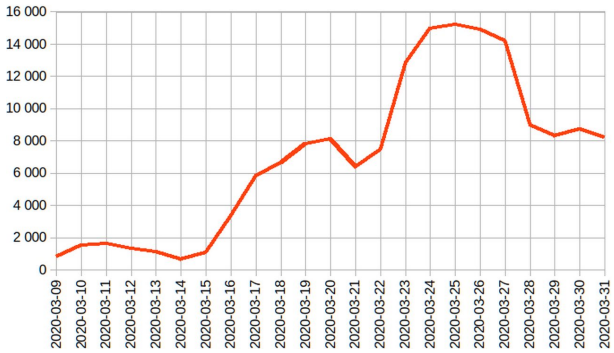


Рис. 1. Количество посетителей портала в первый месяц «пандемийных» мероприятий

Можно видеть, что объявление с 29 марта двух нерабочих недель, вызвало снижение количества обращений к порталу. При этом видно, что портал, тем не менее, продолжал достаточно активно использоваться. В основном в это время преподаватели

интенсифицировали подготовку материалов электронных курсов, а часть студентов продолжала обучение по уже имеющимся материалам.

Загрузка процессора и памяти продолжала быстро расти и начала переваливаться за 90%-ю отметку (рис. 2). В связи с этим СУБД портала была перенесена на отдельный виртуальный сервер с 12 ядрами и 32Гб оперативной памяти. При объёме базы данных около 50Гб процесс переноса на новый сервер занял около 2-х часов. Из-за практически непрерывного использования портала, работы пришлось проводить в ночь с субботы на воскресенье, чтобы избежать заметных простоев.

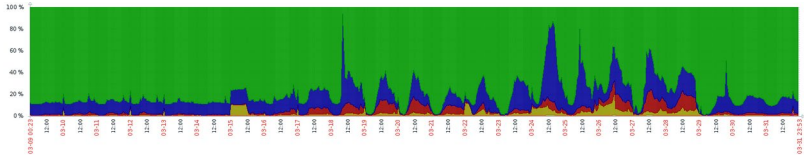


Рис. 2. Загрузка процессора по данным системы мониторинга (затраты на выполнение пользовательского кода – синим, время на работу ядра операционной системы – красным, ожидание операций ввода-вывода – жёлтым)

Для сервера видеоконференцсвязи провести масштабирование мощности в виртуальных машинах в тот момент уже было невозможно и временно он был перенесён на аппаратный сервер. Однако, несмотря на наличие у этого сервера 18 ядер и 128Гб оперативной памяти, этого оказалось недостаточно для обеспечения устойчивого проведения видеотрансляций всех, проводимых на тот момент занятий. Недостаток мощностей был явно выражен даже в тех условиях, когда использования портала и его встроенной системы видеоконференций BigBlueButton не было обязательным, а только рекомендованным. Поэтому многие преподаватели проводили занятия не в этой системе, а использовали сторонние сервисы для проведения видеоконференций (в основном Zoom и Skype).

В начале апреля увеличилось количество сбоев в работе портала, причиной которых стало то, что уже его конвертор документов стал не в состоянии обеспечивать обработку всех используемых преподавателями в своих курсах электронных заданий для преобразования в формат pdf для обеспечения возможности их прямого просмотра в браузере и предоставления преподавателям инструментов аннотирования ответов. Из-за своей архитектуры конвертор мог работать только в один поток, а этого оказалось крайне недостаточно для преобразования в формат pdf всех электронных документов, отправляемых студентами в качестве

ответов на задания и представлялись ими в виде сканированных (а чаще сфотографированных) рукописных страниц. Во-первых, это вызвало появление на портале большого количества объемных документов, которые система должна была преобразовывать в формат pdf. Во-вторых, это привело к быстрому росту места, занимаемого этими документами на устройстве хранения данных. За первый семестр объём занятого порталом пространства запоминающего устройства увеличился с 0,3 Тб до 1,3 Тб.

По этой причине функционал преобразования документов в pdf пришлось в портале отключить и посоветовать преподавателям либо скачивать присланные им документы для локального просмотра, либо требовать от студентов сразу предоставлять свои ответы уже преобразованными в формат pdf.

Постоянная нехватка доступной емкости устройства хранения данных приводила к необходимости, с целью увеличения доступного пространства, отключать часть менее критичных сервисов университетского комплекса и отправки в архивы виртуальных машин, использовавшихся до этого для тестирования и разработки других информационных систем вуза. Поэтому для кардинального решения этой проблемы в течении месяца все же была согласована закупка оборудования для расширения места, доступного для хранения данных.

В описанной выше конфигурации портал смог более-менее стабильно обеспечить работу преподавателей и студентов в течении первого семестра 2020-го года. Следует заметить, что кроме решения чисто технических проблем много усилий было потрачено на регистрацию в портале резко увеличившегося количества пользователей портала, восстановление паролей забывчивым пользователям (как студентам, так и преподавателям), на регистрацию вновь создаваемых курсов, а также на проведение в онлайн и офлайн режимах консультаций и обучения преподавателей по созданию электронных курсов и работе с ними. До сотни могло доходить количество ежедневно обрабатываемых запросов пользователей в техподдержку портала.

3. Обеспечение проведения государственной итоговой аттестации и вступительных испытаний

При подготовке к проведению выпускных и вступительных экзаменов проявился вопрос о реализации контроля действий студентов в процессе дистанционного проведения этих экзаменов. Идея использования существующих систем прокторинга на данном этапе была отвергнута. Во-первых, даже до пандемии для всех известных таких систем существовали опасения, что они не смогут выдержать планируемой нагрузки. Во-вторых, их внедрение в университете

потребовало бы существенного изменения формата экзаменов, что было нереально реализовать за остававшееся до экзаменов время. В-третьих, кроме этого нужно было также обеспечить проведение защит выпускных квалификационных работ в устной форме, что требует функционала, отличного от прокторинга.

На этот момент в университете было принято решение по переводу системы видеоконференцсвязи BigBlueButton с односерверной конфигурации на кластер серверов. Использование Scalelite (Scalable load balancer for BigBlueButton) [4] позволяло провести практически линейное масштабирование количества проводимых видеоконференций. Хотя Scalelite давал возможность построения системы для проведения нужного видеоконференций, однако, на тот момент в университете уже не было достаточных технических ресурсов для выделения необходимого количества серверных узлов и хранения записей.

Решением этой проблемы стала аренда университетом требуемой мощности в ЦОД ПАО «Мегафон». При миграции с локального университетского сервера в ЦОД провайдера были перенесены все записи конференций, накопленные к маю 2020 года. При этом, первые тесты на консультациях к экзаменам выявили, что первоначально арендованные 5 серверов не справлялись с нагрузкой. Поэтому практически сразу же их количество было увеличено до 7. Каждый узел имел 8 процессорных ядер и 16Гб оперативной памяти.

В период проведения экзаменов основная нагрузка легла именно на кластер системы видеоконференций, и он с этой задачей успешно справился. Одновременно каждый день проводилось до 50 конференций при количестве участников более 400. Большая часть конференций проходила с одновременным общением всех участников в режиме не только со звуком, но и с видео, что вызывало повышенную нагрузку на серверы. Хотя ситуацию немного упрощало то, что, как правило, более 20 участников с видео в одной конференции не использовалось, так как все их изображения уже просто не помещались на экране. Объем записей мероприятий, накопленный за время проведения выпускных и вступительных экзаменов, составил порядка 350 Гб.

Из-за сдвига приёмной кампании на месяц, она закончилась не в начале августа, как это бывало ранее, а уже 29 августа. Такая ситуация, к сожалению, не позволила в полном объеме провести все необходимые работы по обслуживанию и подготовке портала к новому учебному году. Единственное, что получилось сделать – это планово обновить версию системы Moodle портала. Одна из основных причин обновления – это изменения в интерфейсе новой версии, которые упростили навигацию по большому количеству курсов.

4. Осенний семестр

В начале нового учебного года в сентябре все учебные заведения России вышли на режим очного обучения, но с соблюдением определенных ограничительных мер. На условиях проведения занятий серьёзно сказался только запрет сбора в одном месте более 50 человек, что сделало невозможным проведение очных лекций по большинству дисциплин. Поэтому с начала семестра портал использовался главным образом только для проведения в онлайн режиме поточных лекций. Нагрузка на портал и кластер видеоконференций была сравнительно не велика, но стала расти к концу сентября из-за ухода части студенческих групп на карантин и, поэтому, в дистанционный режим занятий.

В октябре для обеспечения контроля за проведением занятий в университете использование портала для работы со студентами и проведения занятий в формате видеоконференцсвязи стало обязательным. Однако, до очередного общего перехода на дистанционный формат обучения в конце ноября нагрузка на портал росла незначительно (рис. 3).

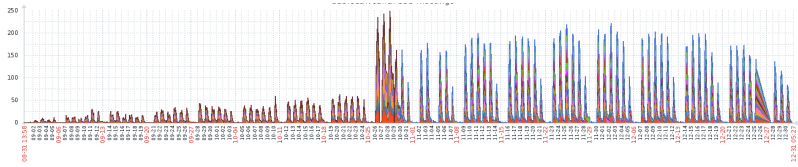


Рис. 3. Количество одновременных ВКС с сентября по декабрь

После перевода всех занятий на дистанционный формат обучения произошёл резкий скачок в нагрузке кластера видеоконференцсвязи, который виден в центре графика (рис. 3). Причем, он связан не только с ростом количества занятий, проводимых в форме конференций, но и с возникшими перебоями в работе арендованных серверов видеоконференцсвязи и некорректными данными, которые они отправляли на сервер мониторинга. При более, чем 80% нагрузке на серверы кластера у некоторых участников конференций начинались проблемы со связью. Из-за этого они пытались переподключаться повторно, что вызывало некорректность показаний. Нехватка ресурсов была оперативно скомпенсирована арендой дополнительных вычислительных мощностей в ЦОД ПАО «Мегафон». Количество серверов было увеличено до 14, что позволило продолжить проведение занятия. Кроме увеличения вычислительных мощностей так же потребовалось расширение дискового пространства для хранения записей лекций, которые стали накапливаться со скоростью 250Гб в

неделю. Практически до конца декабря нагрузка держалась на уровне одновременно проводимых 200 мероприятий и 2500 участников.

В то же время на сервере портала продолжился рост занимаемого информацией места, хотя и в меньшей степени по сравнению с весенним семестром. Это косвенно свидетельствовало о более эффективном использовании портала преподавателями, которые, по-видимому, стали находить способы работы со студентами, не требующие отправки сканов или фотографий их работ.

К сожалению, это обстоятельство не сильно упрощало ситуацию, так как заказанное еще весной оборудование до этих пор еще не было поставлено в ВГУ из-за нарушения цепочек поставок ограничительными мерами из-за пандемии по всему миру. В очередной раз пришлось останавливать работу ряда сервисов, имеющих менее высокий приоритет, но ситуация вплотную приближалась к порогу, когда имеющийся свободный объем памяти системы хранения оказывался исчерпанным.

Когда, в конце концов, закупленная еще весной система хранения данных была доставлена в университет, это решило проблему размещения данных в портале и позволило вернуть массивы записей видеоконференций на ресурсы в ВГУ и, тем самым, сократить затраты на аренду мощностей коммерческого ЦОД.

Проблема нехватки вычислительных ресурсов для серверов конференцсвязи и места для хранения данных портал была не единственной. Дело в том, что, при разумной средней дневной загрузке обоих серверов портала в 20-30%, в момент начала учебных пар, когда студенты синхронно массово подключались к видеоконференциям, из-за чего загрузка серверов в течении 10-15 кратно увеличивалась и превышала 90%, и, как следствие, у многих пользователей начинались проблемы с доступностью портала.

Это потребовало распределить портал на 8 серверов: 4 сервера для выполнения динамических скриптов и 4 для сервера СУБД. Серверы СУБД были объединены в кластер с синхронной репликацией мастер-мастер. При этом 6 серверов из этой группы обслуживали запросы клиентов, а 2 сервера используются для выполнения регулярных заданий и в качестве резерва. Этот подход позволил практически линейно масштабировать производительность портала и даже в моменты массового подключения к занятиям загрузка каждого отдельного сервера уже не превышала 60%.

Заключение

В представленной работе рассмотрен процесс масштабирования портала «Электронный университет ВГУ» в течении прошедшего года

при решении задачи адаптации университета к требованиям перевода его учебного процесса в дистанционный формат. За это время количество электронных курсов в портале увеличилось с 500 до 9000, а количество активных пользователей портала выросло с 1500 в день до 24 000. Для нормальной работы портала его ресурсы были масштабированы примерно в 10 раз, а системы видеоконференцсвязи в 30 раз. Все это потребовало больших усилий для обеспечения удовлетворительного непрерывного функционирования портала.

В текущем состоянии образовательный портал университета позволяет решить свою основную задачу – быть информационно-коммуникационной средой для реализации большинства составляющих образовательного процесса в дистанционном или смешанном формате.

Из полученного опыта можно сделать следующие выводы:

– Для образовательного портала большого вуза является невозможным обеспечить необходимую производительность только вертикальным масштабированием. Масштабирование требует распределения нагрузки портала на несколько серверов.

– Без наличия реального опыта масштабного использования смешанного и дистанционного обучения в вузе предугадать заранее требуемые для этого ресурсы оказывается невозможным.

– Для решения задачи можно использовать исключительно бесплатные проекты с открытым исходным кодом. Хотя они требуют более высокой квалификации для внедрения и обслуживания, и не всегда могут обеспечиваться коммерческой поддержкой, их внедрение оказывается гораздо более быстрым.

– Бесперебойную работу комплекса невозможно обеспечить без наличия системы мониторинга. Оперативная информация об изменении нагрузки позволяет вносить нужные коррективы в инфраструктуру гораздо раньше, чем на неполадки в работе системы обратят внимание пользователи.

– Многие, остро проявившие себя проблемы, накапливались и были ожидаемы еще до наступления форс-мажорных обстоятельств прошедшего года. Например, проблема острого дефицита объема имеющейся системы хранения данных. А при наступлении критических обстоятельств оперативное решение этих проблем оказывается практически невозможным из-за больших реальных сроков закупочных процедур.

– Гибкость, присущая решению проблем путем аренды вычислительных мощностей в коммерческих ЦОД, в большой степени также нивелируются сложностью оперативного заключения договоров и оплаты в рамках госзакупок. Тем не менее, этот путь является вполне

действенным и опробованным в университете. При всех его недостатках, он позволяет гораздо быстрее получить доступ к ресурсам по сравнению с закупками оборудования.

Описанные в данной работе проблемы и полученный при их решении опыт и результаты свидетельствуют о том, что является вполне достижимым создание в крупном вузе технических возможностей перевода всего учебного процесса вуза в дистанционный формат. Все такого рода проблемы в том или ином виде уже реализовывались на высоконагруженных сайтах и для реализации требовали только наличия ресурсов и работы технических специалистов.

При этом, однако, если иметь в виду главную задачу учебного заведения, а именно, реализацию качественного образовательного процесса, то приходится констатировать, что, даже при идеальном решении всех технических проблем, во всей своей остроте проявляются проблемы более принципиальные и сложные. Это отсутствие у большинства преподавателей, вольно или не вольно вовлеченных в рассматриваемые процессы, цифровых и e-learning-компетенций, достаточных для полноценной реализации качественного, а не «имитационного», образовательного процесса в электронной среде. Это отсутствие эффективной системы нормирования и стимулирования труда преподавателей при реализации обучения в дистанционном или смешанном формате. Это отсутствие реальной поддержки дистанционных образовательных технологий со стороны педагогической науки. И, наконец, мотивационные, организационные и технические проблемы эффективного включения в дистанционную учебу самих студентов.

Список литературы

1. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://edu.vsu.ru/

2. Moodle – open source learning platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://moodle.org/

3. BigBlueButon – opensource web conferencing [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://bigbluebutton.org/

4. Scalable load balancer for BigBlueButton. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://github.com/blindsidenetworks/scalelite

Реализация контроля целостности данных посредством хэш-функции на ПЛИС

Н. С. Савельев, email: nssavelyev01@ya.ru
А. О. Лачинов, email: avatar31221@yandex.ru
Н. А. Сипатров, email: nikita.Sipatrov@yandex.ru
А. Д. Ваничкин, email: vanamaka@mail.ru
Т. В. Стариков, email: TVS_7@mail.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе рассматривается аппаратная реализация на ПЛИС модуля контроля целостности данных посредством хэш-функции. Поведенческое описание модуля представлено на языке VHDL.*

Ключевые слова: *ПЛИС, хэш-функция, VHDL, Стрибог, ГОСТ Р 34.11-2012.*

Введение

В связи с тем, что осуществление корректного разграничения доступа к информации при современном уровне технологий практически невозможно, становится актуальна проблема выявления несанкционированных действий над информацией. На прикладном уровне решается задача контроля целостности, основанная на реализации функций сравнения с эталоном.

Одним из наиболее простых способов осуществления контроля целостности является метод вычисления контрольной суммы данных [1]. В случаях, когда необходима высокая скорость обработки или, когда объём данных не известен, достаточно применение контрольной суммы, однако всегда возможно подобрать такие массивы данных, при которых контрольная сумма будет одинакова. В связи с этим возникает потребность в криптостойких методах. Современные криптографические методы позволяют контролировать целостность хранимых или передаваемых данных посредством хэш-функций [1-5].

Для решения задачи контроля целостности данных, для каждого набора данных вычисляется значение хэш-функции, которое хранится и передается вместе с данными. После чтения данных вычисляется значение свертки и сравнивается с имеющимся контрольным значением.

© Савельев Н. С., Лачинов А. О., Сипатров Н. А., Ваничкин А. Д., Стариков Т. В., 2021

При несовпадении значений можно сделать вывод, что данные были изменены.

Для реализации модуля контроля целостности данных, была выбрана хэш-функция «Стрибог» описанная в [6, 7]. Стандарт [6] определяет алгоритм и процедуру вычисления хэш-функции для любой последовательности двоичных символов, которые применяются в криптографических методах обработки и защиты информации, в том числе для реализации процедур обеспечения целостности, аутентичности, электронной подписи (ЭП) при передаче, обработке и хранении информации в автоматизированных системах [8-11].

Описание и реализация алгоритма преобразования хэш-функции «Стрибог»

Согласно стандарту, реализуемый модуль обрабатывает блоки сообщений длиной 512 бит и вычисляет 512-битные хэш-значения. Последнее ⌊-битное сообщение дополняется до размера, кратного 512 битам. Присоединяется единичный бит к концу сообщения, после которого следует 512 – 1 – (⌊ mod 512) нулевых бит.

$$m = (m_t) \,||\, (m_{t-1})...(m_1), \tag{1}$$

где m – сообщение, состоящее из t блоков после дополнения, t – число кратное 512. Схема вычисления хэш-функции H(M) представлена на рисунке 1. Функция сжатия $g_N(h,m)$

$$g_N(h,m) = E(LPS(h \oplus N), m) \oplus h \oplus m \tag{2}$$

где L – умножение справа на матрицу A над полем Галуа GF(2) и есть матрица линейного преобразования A состоящая из 64 восьмибайтовых чисел, P – простая перестановка байтов в исходном массиве в соответствии с правилом, определяемым массивом Tau размером в 64 байта, S – Нелинейное биективное преобразование (при биективном отображении каждому элементу одного множества соответствует ровно один элемент другого множества, то есть это подстановка байтов в исходном векторе по определенному правилу. В данном случае правило задается массивом из 256 значений), E – функция блочного шифра.

$$E(K,m) = X[K_{13}]LPSX[K_{12}]...LPSX[K_2]LPSX[K_1](m) \tag{3}$$

где K – раундовый ключ, который генерируется для каждого из 13 раундов генерируется по формуле:

$$K_i = LPS(K_{i-1} \oplus C_{i-1}), i \in \{2,...,13\} \tag{4}$$

где C – итерационная константа, значения которой указаны в ГОСТ 34.11- 2012.

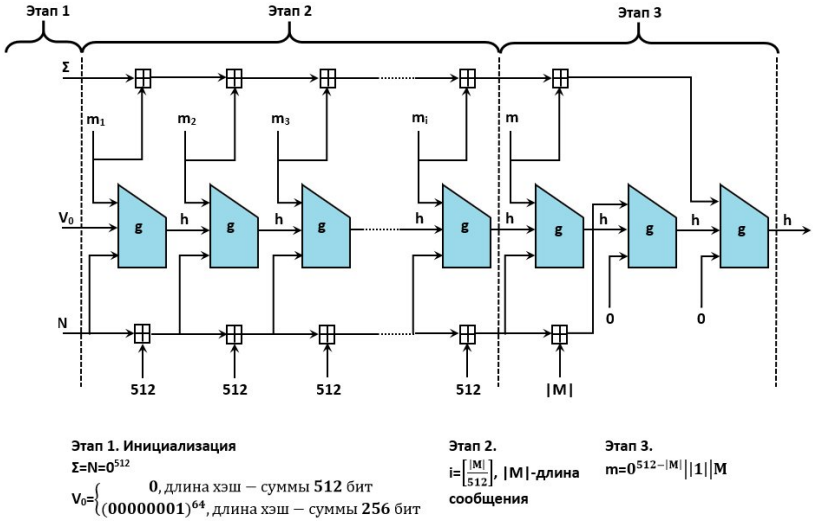


Рис. 1. Схема вычисления хэш-функции

Хэширование считается в три этапа. Первый этап – инициализация всех нужных параметров, второй этап представляет собой итерационную конструкцию Меркла – Дамгорда с процедурой МД-усиления, третий этап – завершающее преобразование: функция сжатия применяется к сумме всех блоков сообщения и дополнительно хэшируется длина сообщения и его контрольная сумма.

Различные элементы алгоритма хэширования были реализованы на языке VHDL и представлены в виде модулей:

– «check_module» – предназначен для контроля расчета хэшфункции «Стрибог» и проверки на совпадение рассчитанного значения с контрольным значением;

– «tb» – предназначен для ввода входных данных и моделирования тактовой частоты.

– «gh_fixed512_logic» предназначен для расчета хэш-функции «Стрибог».

– «gh_round_efunc_v2_logic» предназначен для расчета функции блочного шифра.

– «gh_round_logic» также предназначен для расчета функции блочного шифра.

– «gh_round_lps_logic» предназначен для организации связей между модулями расчета L – преобразования, P – преобразования, S – преобразования.

– «gh_round_ltran_logic» предназначен для расчета L – преобразования (линейное преобразование).

– «gh_round_perm_logic» предназначен для расчета P – преобразования (преобразование перестановки).

– «gh_round_subs_logic» предназначен для расчета S – преобразования (преобразование подстановки).

На рисунке 2 демонстрируется значение, полученное посредством применения смоделированной хэш-функции, которое совпадает с контрольным примером, представленным в [6].

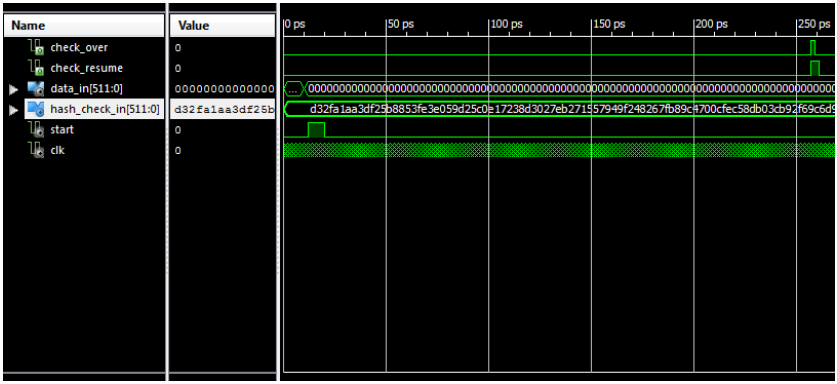


Рис. 2. График выходных сигналов

Заключение

Таким образом, реализованный модуль контроля целостности данных на ПЛИС, согласно результатам моделирования, выполняет свою функцию. Модуль рассчитывает значение хэш-функции и сверяет с исходным значением, после чего информирует о результате сравнения. Был описан алгоритм работы модуля и результат моделирования.

Список литературы

1. Алферов А.П., Зубов А.Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А.В. Основы криптографии. Учебное пособие. Изд. 2-е, Гелиос АРВ, 2005. – 480 с.

2. 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.

3. 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.

4. Левин, В. Ю. О повышении криптостойкости однонаправленных хэш-функций / В. Ю. Левин // Фундамент. и прикл. матем. – 2009. – Т. 15. Выпуск 5. – С. 171-179.

5. 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.

6. ГОСТ 34.11-2012 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования».

7. 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. научнопр. конф. с элементами науч. шк. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.

8. Диченко, С. А. Системный анализ проблемы обеспечения целостности данных в информационно-аналитических системах / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Сборник материалов XX Международной научно-методической конференции. Под ред. А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 1001-1005.

9. Диченко, С. А. Алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Сборник материалов XX Международной научно-методической конференции. Под ред. А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 996-1000.

10. 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.

11. Хэмминг, Р. В. Теория кодирования и теория информации: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1983. – 176 с.

О некоторых свойствах Теплицевых матриц

Н. А. Сипатров, email: nikita.sipatrov@yandex.ru
А. О. Лачинов, email: avatar31221@yandex.ru
Н С. Савельев, email: nssavelyev01@ya.ru
А. Д. Ваничкин, email: vanamaka@mail.ru
Т. В. Стариков, email: TVS_7@mail.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной работе исследуются некоторые свойства Теплицевых матриц с учетом различных матричных произведений.*

Ключевые слова: *Теплицевы матрицы.*

Введение

Матрицы Теплица важны как в теории, так и в практике. Например, известно, что огромный класс матриц подобен матрицам Теплица. Кроме того, это показывает, что каждая матрица является произведением Теплицевых матриц [1].

Матрица Теплица обозначается как $T = \lfloor t_{ij} \rfloor = \lfloor t_{i-j} \rfloor$, при $1 \le i, j \le n$, что означает, что все записи вдоль каждой из диагоналей одинаковы. Циркулянтная матрица C – это Матрица Теплица, где каждая строка получена путем применения перестановки $(1,2..n)$ к предыдущей строке. Косая циркулянтная матрица S отличается от циркулянтной матрицы С только знаком в субдиагональных записях, т.е. $s_{ij} = c_{ij}$ когда $j \ge i$ и $s_{ij} = -c_{ij}$ когда $j < i$. Матрица T инвалютивна если $T^2 = I$ и называется нильпотентом степени k если $T^k = 0$, но $T^{k-1} \ne 0$.

1. Произведение Теплицевых матриц над коммутативным кольцом

Рассмотрим три различные бинарные операции: обычное матричное умножение, произведение Кронекера и Шура, обозначаемые соответственно AB, $A \otimes B$ и $A*B$. За исключением произведения Шура множество Теплицевых матриц не замкнуто ни при обычном умножении матрицы, ни при произведении Кронекера Мы охарактеризуем те пары Теплицевых матриц, произведение которых относительно обычного

© Сипатров Н. А., Лачинов А. О, Савельев Н. С., Ваничкин А. Д., Стариков Т. В., 2021

умножения или произведения Кронекера. Следующая теорема дает характеристику в терминах обычного матричного умножения:

Теорема 1.1. Если $A = \{\alpha_{i-i}\}$ и $B = \{\beta_{i-i}\}$ являются двумя n x n Теплицевыми матрицами над коммутативным кольцом, то AB является Теплицевой матрицей тогда и только тогда, когда следующая система уравнений из $(n-1)^2$ с $4(n-1)$ переменными содержит: $\alpha_i\beta_{-j} - \alpha_{i-n}\beta_{n-j} = 0$, где $1 \le i$, $j \le n-1$

Доказательство. Если мы установим $C = AB$, то по формуле произведения получим:

$$c_{i+1j+1} = \sum_{k=1}^{n} \alpha_{(i+1)-k}\beta_{k-(j+1)} = \alpha_i\beta_{-j} + \sum_{k=2}^{n} \alpha_{(i+1)-k}\beta_{k-(j+1)}$$

$$= \alpha_i\beta_{-j} + \sum_{k=1}^{n-1} \alpha_{i-k}\beta_{k-j} = \alpha_i\beta_{-j} - \alpha_{i-n}\beta_{n-j} + \sum_{k=1}^{n} \alpha_{i-k}\beta_{k-j}$$

$$= \alpha_i\beta_{-j} - \alpha_{i-n}\beta_{n-j} + c_{ij}$$

По определению C является Теплицевой матрицей тогда и только тогда, когда $c_{i+1j+1} = c_{ij}$. Следовательно, C – матрица Теплица тогда и только тогда, когда $\alpha_i\beta_{-j} - \alpha_{i-n}\beta_{n-j} = 0$, где $1 \le i$, $j \le n-1$

Ясно, что обратная произвольной несингулярной Теплицевой матрице не обязательно является Теплицевой. Однако следующее предложение показывает, как сохранение при инверсии по отношению к Теплицевой матрице связано с сохранением при умножении. Для матрицы над коммутативным кольцом мы можем вычислить коэффициенты полинома $p_A(x)$ многими различными путями, включая собственные значения матрицы или элементы матрицы. В частности, мы хотим использовать следующую формулу для вычисления коэффициентов [2]:

$$p_A(x) = \sum_{m=0}^{n} x^{n-m}(-1)^m tr(\Lambda^m A),$$

где $\Lambda^m A$ это m^{th} exterior power of A. Кроме того, если характеристика коммутативного кольца равна 0, то известно, что $tr\left(\Lambda^m A\right) = \frac{1}{m!}\det(C)$,

$$C = \begin{pmatrix} tr(A) & m-1 & 0 & \text{K} & \text{K} & \text{K} & 0 \\ tr(A^2) & tr(A) & m-2 & 0 & ... & \text{K} & 0 \\ tr(A^3) & tr(A^2) & tr(A) & m-3 & 0 & \text{K} & 0 \\ \text{M} & \text{O} & \text{O} & \text{O} & \text{O} & \text{O} & \text{M} \\ \text{M} & \text{O} & \text{O} & \text{O} & \text{O} & \text{O} & 0 \\ tr(A^{m-1}) & tr(A^{m-2}) & ... & \text{O} & \text{O} & \text{O} & 1 \\ tr(A^{m)} & tr(A^{m-1}) & \text{K} & \text{K} & tr(A^3) & tr(A^2) & tr(A) \end{pmatrix}$$

Предложение 1.2. Для $n \times n$ обратимой матрицы Теплица $A = \{\alpha_i\}$ над коммутативным кольцом, если каждое A^m при $m = 2, K, n-1$ является матрицей Теплица, то тогда A^{-1} является теплицевой матрицей. Кроме того, если матрица Теплица рассматривается над кольцом нулевой характеристики, мы имеем $tr(A^{m)} = n(A^m)_0$, где

$$(A^m)_0 = \sum_{k_{m-1}=0}^{n-1} \alpha_{-k_{m-1}} \sum_{k_{m-2}=0}^{n-1} \alpha_{k_{m-1}-k_{m-2}} \sum_{k_{m-3}=0}^{n-1} \alpha_{k_{m-2}-k_{m-3}} \dots,$$

$k_0 = 0$ и $\sum_{k_0=0}^{n-1}$ исчезает.

Доказательство. По теореме Кайли-Хэмилтона

$$A^{-1} = \frac{(-1)^{n-1}}{det(A)}(A^{n-1} + c_{n-1}A^{n-2}\text{K} + c_1 I),$$

где каждый коэффициент c_{n-m} полинома может быть явно вычислен как сумма всех принципиальных миноров A размера m. Кроме того, если матрица рассматривается над коммутативным кольцом нулевой характеристики, то мы имеем

$$c_{m-n} = \frac{(-1)^m}{m!} det(C).$$

Теорема 1.3. Пусть $A = \{\alpha_i\}$ $n \times n$ Теплицева матрица и $B = \beta_j$ $m \times m$ Теплицева матрица над коммутативным кольцом. Матрица $mn \times mn$ $A \otimes B$ является Теплицевой тогда и только тогда, когда выполняется следующая система уравнений из $2(m-1)(n-1)$ уравнений с $2(n+m)-3$ переменными:

$$\alpha_i \beta_j = \begin{cases} \alpha_{i-1}\beta_{m+j} \; j < 0 \quad u \quad i \neq 1-n \\ \alpha_{i+1}\beta_{j-m} \; j > 0 \quad u \quad i \neq n-1 \end{cases}$$

где $i \in \{1-n, 2-n, \ldots, n-2, n-1\}$ и $j \in \{1-m, 2-m, \ldots, m-2, m-1\} - \{0\}$.

Доказательство. Что касается умножения Кронекера на две матрицы, то $A \otimes B$ состоит из n^2 блоков матриц Теплица, и она является теплицевой тогда и только тогда, когда каждая из диагоналей $(2m-1)$ имеет одинаковые записи, т. е. тогда и только тогда, когда для каждой диагонали, которая состоит из конкатенации диагоналей соседних блоков, записи согласуются друг с другом [3].

Представленные результаты используются в работах [4-10] при описании крипто-кодовых преобразований контроля и восстановления целостности данных.

Заключение

Матрицы Теплица применяются в различных задачах прикладной математики и техники таких как теория массового, обслуживания, обработка сигналов, анализ временных рядов интегральные уравнения и т д. Несмотря на то что Матрицы Теплица существуют уже давно, существует еще ряд открытых проблем касающихся матриц Теплица и их операторов. Один из них подсчет – числа инволюционных и нильпотентных Теплицевых матриц над конечным полем. В настоящей работе даны характеристики для пар Теплицевых матриц над коммутативным кольцом относительно обычного умножения или произведения Кронекера.

Список литературы

1. L.H. Lim, K. Ye, Every matrix is a product of a Toeplitz matrices, 2013.
2. D. Kucerovsky, A. Sarraf, Schur Multipliers and Matrix Products, Houston Journal of Mathematics, Vol. 40, No. 3, 2014.
3. K.R. Driessel, A relation between some special centro-skew, near Toeplitz, tridiagonal matrices and circulant matrices, 2011.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

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. Системный анализ проблемы обеспечения целостности данных в информационно-аналитических системах / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Сборник материалов XX Международной научно-методической конференции. Под ред. А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 1001-1005.

9. Диченко, С. А. Алгоритм проверки достоверности контрольной информации, используемой при обеспечении целостности данных в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды / С. А. Диченко // Информатика: проблемы, методы, технологии. Сборник материалов XX Международной научно-методической конференции. Под ред. А.А. Зацаринного, Д.Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 996-1000.

10. 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. научнопр. конф. с элементами науч. шк. – Омск : Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.

Управление ресурсами системы воздушной и наземной связи авиационного формирования

Е. П. Сорока, email: osrto69088@mail.ru
М. А. Стафеев, email: stafmil29@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной статье приведены актуальные аспекты применения моделирующих систем при рении задач управления ресурсами систем воздушной и наземной связи авиационных формирований.*

Ключевые слова: *Управление ресурсами системы связи, Система связи, Авиационное формирование.*

Введение

На современном этапе развитие авиационной системы радиосвязи осуществляется в направлении развертывания информационно-телекоммуникационных сетей, создание которых должно обеспечить функционирование новых информационных приложений, как на борту, так и на наземных пунктах управления. Реализация и применение таких информационных приложений должны обеспечить повышение эффективности решения задач авиационными формированиями, а также способствовать повышению уровня безопасности полетов в целом. При этом предполагается переход от классической организации радиосвязи по принципу построения предопределенных двухточечных интерфейсов к созданию сложного, сетеориентированного пространства данных. В таких условиях актуальным является проведение исследований направленных на совершенствование процессов управления ресурсами систем связи и радиотехнического обеспечения полетов авиационных формирований в целях поддержания требуемого качества информационного обмена, при решении различных задач в условиях мирного и военного времени.

1. Суть применения моделирующих систем при решении задач управления ресурсами системы связи авиационного формирования

Система связи и радиотехнического обеспечения полетов является важнейшим элементом системы управления авиационного

© Сорока Е. П., Стафеев М. А., 2021

формирования, от качества функционирования которой зависит эффективность решения задач авиационными комплексами и уровень

безопасности полетов. При этом системы связи и радиотехнического обеспечения полетов авиационных формирований относятся к сложным организационно-техническим системам.

Структура системы связи и радиотехнического обеспечения полетов определяется структурой построения системы управления и задачами, решаемыми авиацией и, в большинстве своем, определяется следующими основными условиями:

– уровень развития техники связи и радиотехнического обеспечения полетов, способов ее применения;

– требования международной нормативной базы;

– учёт целевого предназначения каждой подсистемы по развертыванию и эксплуатационному обслуживанию определенного элемента системы связи и радиотехнического обеспечения полетов;

– возможность обеспечения первоочередных задач управления авиацией;

– возможность развёртывания системы связи и радиотехнического обеспечения полетов в условиях деструктивных воздействий, в сложных погодных и климатических условиях;

– возможность выделения необходимого ресурса сил и средств в резерв для восстановления элементов системы связи и радиотехнического обеспечения полетов, а также решения внезапно возникающих задач;

– имеющиеся структура системы связи и радиотехнического обеспечения полетов;

– наличие сил и средств связи и радиотехнического обеспечения полетов для восстановления ее элементов.

Задача определения структуры системы связи сводится к классической задаче оптимального распределения ресурса и может решаться последовательным формированием вариантов структуры экипажей, станций, комплексов средств, подсистем и системы в целом, а также последующей сравнительной оценкой их между собой по значениям показателей качества.

В ближайшей перспективе основу авиационной системы связи должны составить: комплексы многофункциональных программно-аппаратных средств 6-го поколения для обеспечения автоматизированной, помехозащищенной, засекреченной радиосвязи;

– многофункциональные программно-аппаратные средства связи и системы управления ими;

– единая система спутниковой связи нового поколения;

– комплексы авиационных средств спутниковой связи на унифицированной программно-аппаратной основе.

Построение авиационных информационно-телекоммуникационных сетей является сложной задачей требующей учета многих оперативно-тактических, организационно-технических, физико-географических, временных и других факторов. Оно предполагает развертывание:

– узлов и линий связи;

– элементов подсистемы управления связью и радиотехническим обеспечением авиационных формирований, обеспечивающих решение задач управления сетями связи на организационном, оперативно-техническом и технологических уровнях;

– элементов подсистемы контроля безопасности связи;

– элементов подсистемы технического обеспечения системы связи и радиотехнического обеспечения и др.

Отдельными задачами являются развертывание и эксплуатационное обслуживание систем мониторинга состояния авиационных сетей связи, и совершенствование системы подготовки кадров.

При этом рациональным можно считать такой состав элементов подсистем, средств и комплексов связи и радиотехнического обеспечения полетов, который позволит развернуть систему связи и радиотехнического обеспечения полетов, обеспечивающую решение поставленных задач в любых условиях обстановки.

В самом узком смысле процесс организационного управления авиационными цифровыми сетями связи предполагает автоматизированное решение следующих задач:

моделирование функционирования сетей связи в условиях возможных деструктивных воздействий противника (в условиях постановки помех);

– разработку системы адресации;

– разработку данных для работы радиосредств;

– организацию обеспечения защиты передаваемой информации с применением специальной аппаратуры и др. [1].

Для эффективной управленческой деятельности специалистами связи и радиотехнического обеспечения полетов в настоящее время назрела необходимость решения задач организации связи в реальном масштабе времени, с широким применением компьютерной техники и средств моделирования, различных электронных баз (банков) данных, комплексов прикладных программ, позволяющих осуществлять представление данных в форме изображений (образов). Объективной необходимостью в практике работы органов управления связью является

организация документооборота в электронном виде, а также применение цифровых карт и видеоизображений местности [2].

Необходимо отметить, что сейчас в целом система связи и комплексы средств автоматизации управления в авиационных формированиях характеризуются следующими основными особенностями:

– необходимостью существенного сокращения сроков разработки и внедрения новых перспективных систем;

– объективной необходимостью скорейшего оснащения авиационных формирований современными цифровыми комплексами и средствами связи;

– возрастанием объемов поступления новых систем, комплексов и средств связи и автоматизации управления;

– предоставлением должностным лицам более широкого спектра услуг связи.

Все это обеспечивает возможность решения задач заблаговременного моделирования сетей авиационной радиосвязи, при принятии решений и планировании связи.

В сложившейся практике организации связи наиболее актуальной задачей является оценка обстановки на этапе принятия решения на организацию связи по тому или иному варианту. По факту должностному лицу необходимо оптимальным образом распределить имеющиеся ресурсы связи в интересах достижения поставленной цели.

К таким ресурсам могут быть отнесены: личный состав, комплексы и средства связи, ремонтные комплекты и запасные части, данные для работы средств связи, режимы работы средств связи и др. При этом орган управления обязан предусмотреть резерв для решения внезапно возникающих задач.

По сути, результатом деятельности органа управления должен стать расчет сил и средств связи по элементам системы управления, в частном случае по этапам полета или по задачам, выполняемым авиационным формированием.

С учетом высокой динамики современных боевых действий и сложной предсказуемости действий противника объективным является необходимость заблаговременного формирования нескольких вариантов организации связи, при этом основным инструментарием должны быть моделирующие системы. В свою очередь ценность информационного ресурса, которая заключается в его актуальности, достоверности, защищенности, и оперативности доведения находится в настоящее время на недостаточном уровне, главным образом по причине недостаточной обоснованности и отсутствия подкрепляющих расчетов.

Заключение

Таким образом, переход на новые принципы организации связи изменяет методику работы должностных лиц органов управления связью и радиотехническим обеспечением авиационных формирований, и предопределяет необходимость применения средств моделирования в основном при решении задач организационного управления ресурсами системы связи. В свою очередь необходимым условием разработки и внедрения систем управления ресурсами систем связи, должна быть адекватность соответствующих экономических затрат степени прироста эффективности применения обеспечиваемых авиационных формирований.

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. – 2016. – С. 17-20.

2. Боговик А.В., Загорулько С.С., Ковалев И.С., Котенко И.В., Масоновец В.В. Теория управления в системах военного назначения. М.: МО, 2001.– 320 с.

Создание пользовательских витрин в банковской сфере с использованием корпоративного хранилища данных

А. О. Сынкова, email: an.synkova@gmail.com
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Данная работа посвящена процессу проектирования и реализации корпоративного хранилища данных. Проведен анализ существующих решений, рассмотрены процесс загрузки данных от систем-источников до конечных витрин и типовая архитектура хранилища. Также проведен анализ конкретной задачи, поставленной в рамках развития КХД.*

Ключевые слова: *база данных, корпоративное хранилище данных, Oracle, SQL.*

Введение

С началом эры BigData у многих предприятий появилась необходимость в том, чтобы хранить и анализировать большие объемы информации, которая возникает в процессе их деятельности. Используя эту информацию, компании могли бы формировать различные отчеты, анализировать уровень эффективности своей работы, выявлять слабые места и улучшать качество обслуживания клиентов.

Для того, чтобы реализовать указанные цели бизнес-пользователям необходимо видеть нужную информацию в удобном для себя виде. Но как правило, данные поступают из систем-источников, которые имеют абсолютно разную структуру. Кроме того, часто компаниям требуется не просто собирать, агрегировать и анализировать информацию из различных источников, но и проводить анализ по данным за длительный период времени.

Все это привело к появлению корпоративных хранилищ данных, которые позволили загружать большие объемы информации из систем-источников, приводить полученные данные к унифицированному виду и агрегировать их в соответствии с нуждами конечных пользователей. Однако КХД в большинстве случаев не могут рассматриваться как коробочные продукты, поэтому возникает необходимость в разработке хранилищ для конкретных предприятий на базе уникальных моделей данных.

© Сынкова А. О., Матвеева М. В., 2021

В рамках данной работы будет рассмотрена разработка корпоративного хранилища данных для Банка и в частности, реализация задачи «Формирование заданий на обзвон по неисполненным заявкам с целью увеличить количество оформленных договоров на кредиты».

1. Анализ существующих решений

Поскольку основной задачей КХД является загрузка данных из различных систем-источников и преобразование этих данных в удобный для конечных пользователей вид, хотелось бы привести описание процесса загрузки данных в хранилище и его типовую архитектуру.

2. Процесс загрузки

ETL (Extract, Transform, Load) – системы, которые применяются, чтобы привести данные из разных учетных систем к единым справочникам и загрузить их в КХД. Включают в себя следующие этапы:

1. Extract – извлечение данных из внешних систем-источников.
2. Transform – их трансформация и очистка, приведение к унифицированному виду. Целью этого этапа является подготовка данных к загрузке в хранилище и приведение их к более удобному для последующего анализа формату. В процессе преобразования данных чаще всего выполняется преобразование структуры, агрегирование данных, перевод значений и создание новых данных.
3. Load – перенос данных из промежуточных таблиц в структуру КХД. При этом, при очередной загрузке в хранилище переносится не вся информация из источников, а только та, которая была изменена в течение промежуточного времени, прошедшего с предыдущей загрузки. В процессе загрузки выделяется 2 потока:
   - Поток добавления – в хранилище переносится новая, ранее не существовавшая информация;
   - Поток обновления (дополнения) – в хранилище передается информация, которая существовала ранее, но была изменена или дополнена.

С точки зрения процесса ETL архитектуру хранилища можно представить следующим образом:

– Системы-источники: содержат данные в виде таблиц, совокупности таблиц или файла, в котором данные разделены символами разделителями.

– Промежуточная область: содержит вспомогательные таблицы, которые создаются временно для процесса выгрузки.

– Получатель данных: хранилище или база данных, в которую помещаются извлеченные данные.

Общая схема загрузки представлена на рис. 1.

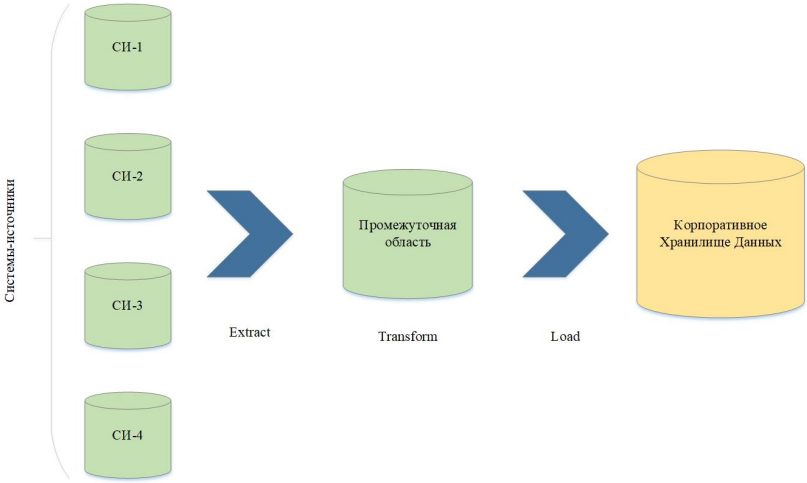


Рис. 1. Общая схема загрузки данных в КХД

3. Основные слои КХД

Прежде чем попасть к конечным пользователям, данные проходят по слоям самого хранилища. В каждом слое они претерпевают определенные преобразования. Рассмотрим их подробнее.

1. ODS (Operational Data Store) – область оперативного хранения данных. Данные в оперативной области полностью соответствуют данным в системах-источниках. При загрузке данных не производится никаких изменений, кроме обогащения их служебной информацией (системной датой загрузки, идентификацией загрузочного процесса и пр.).

2. STG (Staging) – область подготовки данных. На этом слое данные преобразуются к структуре области детальных данных. Также происходит отбор инкремента исходных данных относительно уже загруженных в детальный слой.

3. DDS (Data Detail Store) – область детальных данных. В этом слое данные хранятся на том же уровне детализации, что и в системе источнике. Они не должны агрегироваться под нужны пользователей, никаких расчетов не производится.

4. PRE_DM – область, предназначенная для предварительных расчетов сложных показателей. Расчеты выносятся в этот слой в двух случаях:

– когда сложный расчет витрины лучше разделить на несколько промежуточных этапов с точки зрения производительности;
– для сохранения предварительных расчетов в тех случаях, когда какая-то часть алгоритма расчета является общей для нескольких витрин, т.е. для исключения ситуации вычисления одного и того же алгоритма в каждой витрине отдельно.

5. DM (Data Mart) – область пользовательских агрегатов и витрин. Предназначена для конечных пользователей – аналитиков и других сотрудников банка. В витринах данные из детального слоя уже агрегируются согласно требованиям заказчика.

Более подробная схема слоев, из которых состоит КХД представлена на рис. 2.



Рис. 2. Слои КХД

4. Основные типы сущностей

Далее рассмотрим основные типы сущностей (таблиц), которые используются для организации данных в детальном слое КХД банков.

1. Факты (Fact) – основные таблицы хранилища данных. Отражают какие-либо события. Например, проводки – движение денежных средств по счетам (перечисление заработной платы, оплата покупок картой банка и т.д.). Поскольку в крупном банке ежедневно производится огромное количество операций с денежными средствами, для таблиц этого типа характерен большой объем данных (около миллиона/миллиарда записей каждый день) и частые изменения.

2. Измерения (Dimension) – таблицы, которые хранят данные о таких понятиях, как договор, сделка, клиент, счет и т.д. Примерный объем данных таких таблиц – миллион записей за все время.

3. Справочники (Dictionary) – используются для расшифровки каких-либо значений. Например, справочник типа клиента: 1 – физ.лицо, 2 – юр.лицо, -1 – не определено. Такие таблицы хранят меньше всего записей и редко изменяются.

5. Общая структура и функциональность

Далее рассмотрим реализацию конкретной задачи. Заказчиком была поставлена задача реализовать витрину данных, в которой бы формировались задания на обзвон по неисполненным заявкам на кредит наличными (т.е. заявкам, которые не были доведены до оформления договора). Целью данной задачи являлось увеличение количества

продаж путем обзвона клиентов и закрытия сделки оформления кредита по совершенным ранее заявкам.

6. Модель данных

Ниже описана часть модели данных детального слоя КХД, которая была задействована при решении поставленной задачи. Логика конечной витрины строится соединениями представленных ниже таблиц:

– Заявка. Таблица содержит информацию по заявкам клиентов, в том числе заявки на кредиты наличными.

– Статус заявки. Таблица является справочником статусов заявок. В данной задаче необходимо отбирать заявки по всем статусам, кроме статусов «Отменена» и «Просрочена».

– Канал заведения заявки. Таблица является справочником каналов, по которым клиенты банка могут заводить заявки. В данной задаче необходимо отбирать заявки, оформленные по каналам «Фронт» и «Интернет».

– Макропродукт. Таблица является справочником макропродуктов. По условию задачи необходимо отбирать заявки на кредит наличными.

– Договор. Таблица содержит данные о заключенных договорах. Поскольку целью задачи является оформление договоров по неисполненным заявкам, нужно отбирать те заявки, для которых еще нет соответствия в таблице договоров.

– Решение по заявке. Таблица содержит данные о решениях по заявке, которые принимают различные инстанции. По условию задачи необходимо отбирать заявки, которые прошли полную проверку и по итогу последней проверки получили статус «Одобрена».

– Клиент. Содержит основную информацию о клиентах банка. В рамках задачи в конечную витрину добавляется ID клиента, с которым необходимо произвести коммуникацию.

– Структурная единица банка.

– Тип структурной единицы. Таблица является справочником. В рамках задачи необходимо отбирать заявки, оформленные в структурных единицах с типами: 'Центр Обслуживания Клиентов', 'Объект Почтовой Связи' и 'Стойка'.

– Центр обслуживания клиентов.

– Подтип центра обслуживания клиентов. в рамках задачи необходимо отбирать заявки, оформленные в структурных единицах с типами: 'Центр Обслуживания Клиентов', 'Объект Почтовой Связи' и 'Стойка'.

– Статус центра обслуживания клиентов. Таблица является справочником. В рамках задачи отбираются центры обслуживания со статусом 'Действующий Центр Обслуживания Клиентов или Стойка'.

– Часовой пояс центра обслуживания клиентов. Справочник содержит информацию о часовых поясах точек относительно московского времени (в формате MSK+xx). В рамках задачи используется с целью вычисления возможного времени проведения коммуникаций с клиентом с учетом его часового пояса.

На рис. 3 изображена диаграмма базы данных.

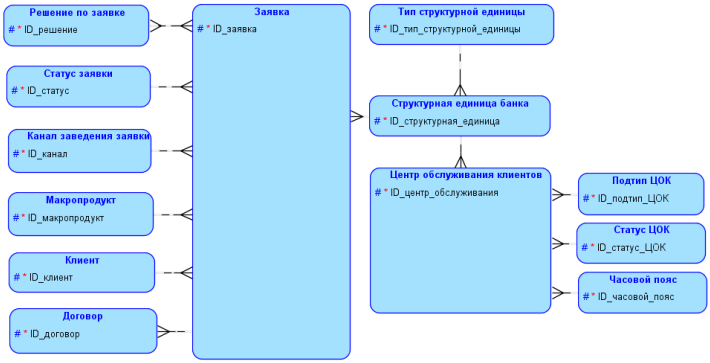


Рис. 3. Диаграмма базы данных на логическом уровне

Заключение

По итогам работы был проведен анализ существующих решений в области разработки корпоративных хранилищ данных, описаны процесс загрузки данных из систем-источников и архитектура хранилища в общем виде, а также рассмотрена конкретная задача, поставленная в рамках развития КХД. Проведен анализ требований бизнес-пользователей и выявлены условия, по которым необходимо построить витрину данных для использования сотрудниками банка.

Список литературы

1. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных. 8-е издание/ К. Дж. Дейт: – Москва: Издательский дом «Вильяме», 2005. – 1328 с.

2. Хоббс Л. Разработка и эксплуатация хранилищ баз данных/ Лилиан Хоббс, Сьюзан Хилсон, Шилпа Лоуенд: – Москва: Издательство «КУДИЦ-Образ», 2004. – 596 с.

Сравнительный анализ сервисов для обмена книг

В. А. Тян, email: victoria.tyan99@gmail.com
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

«Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Анализ существующих решений книгообмена для читателей, предпочитающих книги в бумажном переплете.*

Ключевые слова: *развлекательный контент, облачная библиотека, буккроссинг.*

Введение

У каждого из нас дома есть интересные книги, которые пылятся на полках. Некоторым расставаться с ними не хочется, а вот другие мечтают пустить книгу в свободное плаванье. Не стоит забывать о том, что книга – источник знаний, она призвана дарить мудрость.

С развитием современных технологий становится довольно сложно заставить себя купить бумажную книгу, ведь проще скачать ее, прочитать и забыть об электронной версии, оставив воспоминания лишь в своей памяти. Однако такой подход лишает нас возможности чувствовать, трогать, любить печатные издания, которые имеют собственный аромат и текстуру. Также постоянная покупка бумажных книг является недешевым удовольствием.

Интересным решением является сервис для обмена книг: своего рода облачная библиотека, над которой надстроена социальная сеть книговладельцев, готовых обменять, подарить, одолжить на время или даже продать свою бумажную книгу за символическую плату. Пользователи смогут выкладывать книги, которые они готовы отдать (обменять/одолжить/подарить/продать), а также находить необходимые книги у других пользователей, составлять своего рода wishlist. Когда какой-нибудь пользователь из соответствующего города добавит книгу, которая находится в листе ожидания данного пользователя, придет оповещение о совпадении. Пользователи могут лично договориться о встрече и условиях обмена. Целью проекта является реализация простого и удобного процесса обмена книг между отдельными пользователями, не рассматривается коммерческая выгода с продажи и рекламы книг различных книжных магазинов.

Необходимо реализовать web-сервис, позволяющий пользователям находить необходимые книги, а также обмениваться собственными.

© Тян В. А., Матвеева М. В., 2021

Web-интерфейс должен выполнять следующие функции:

1. поиск книг по названию и автору;
2. возможность выставления собственных книг для обмена;
3. возможность пользователей связаться друг с другом;
4. фильтрация по заданным критериям.

Анализ существующих решений

В результате работы был изучен рынок существующих сервисов для обмена книг. Для сравнения приведен следующий список критериев:

– возможность указания различной дополнительной информации о книге, условия обмена и т.д.;
– возможность поиска книг по критериям;
– удобный интерфейс;
– доступность в России;
– предоставление удобного способа коммуникации между пользователями.

Поскольку с развитием технологий, а также из-за нежелания людей выделять дополнительные расходы на бумажные издания книги в жестком переплете пользуются у людей все меньшей популярностью, однако такого рода сервисы определенно имеют свою нишу и популярность. Возможно, с появлением более удобного решения данное движение наберет еще большую популярность.

2. Bookcrossing

На рис. 1 представлен интерфейс Bookcrossing.

Пожалуй, самый известный даже не сервис, а движение, целью которого является «вызволение книг на свободу». Слово «bookcrossing» происходит от английского «book + cross» – книговорот или путешествие книги.

Прочитав книгу, человек оставляет ее в любом месте, это может быть кафе, остановка, парк или станция метро, а другой случайный человек эту книгу находит, читает и делает то же самое, что и предыдущий. Но на этом идея не заканчивается. В сети есть сервис, который помогает отслеживать найденные и оставленные книги. Вы регистрируетесь на сайте, создавая собственную полку книг, которые хотите отправить в путешествия. Каждой книге присваивается номер (BCID – Bookcrossing ID). Когда вы готовы отпустить книгу, вы делаете запись об этом на сайте и пишете место, где ее могут найти. Человек, который находит книгу, заходит на сайт и вводит номер книги, тем самым попадая в журнал. Это позволяет участникам узнать, что книга найдена.

Также сервис предоставляет возможность поиска книг по различным критериям, таких как название и автор книги, жанр, уникальный идентификатор (BCID). К сожалению, отсутствует фильтр по (последнему) местоположению книги (страна, регион, город), что было бы весьма кстати.

Минимальная необходимая информация прилагается в «экслибрисе» – небольшой записке, в которой указывается BCID книги, где она была найдена и когда, после чего пользователь регистрирует находку на сайте, таким образом пополняя историю её путешествий, которую может посмотреть любой желающий.

Как уже было сказано выше, книги передаются не по договоренности, а скорее в форме квеста, на сайте можно узнать последнее местонахождение книги и отправиться на поиски. То есть, если вы ищете быстрый способ получения желаемого издания, данный сервис не сможет удовлетворить ваши потребности.

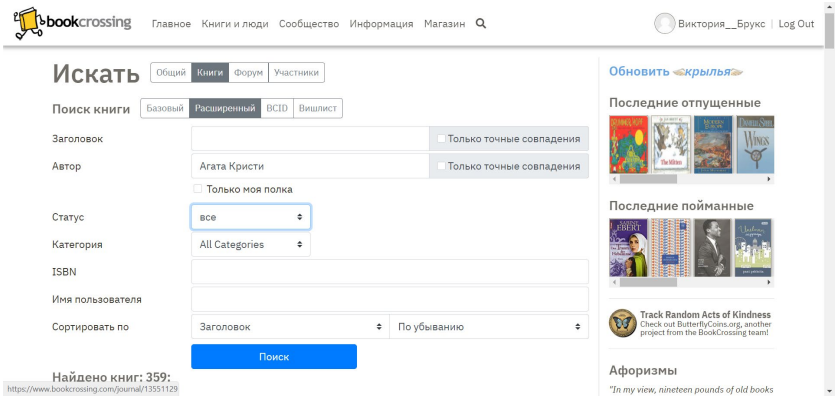


Рис. 1. Страница поиска книги по заданным критериям сервиса Bookcrossing

Сегодня количество участников книжного движения в мире превышает 1,5 миллиона человек. Эти люди выпустили в свободное плавание более 13 млн книг. К сожалению, в России количество книг, выпущенных на свободу составляет лишь 537 экземпляров, большинство из которых путешествуют в Алтайском крае и Мурманской области.

3. Booxup

На рис. 2 представлен интерфейс Booxup.

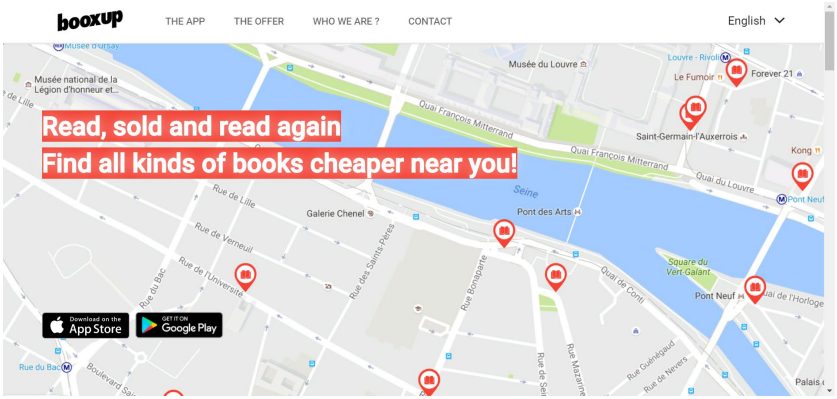


Рис. 2. Официальный сайт Booxup с описанием и ссылкой на приложения для Android и iOS

Целью созданного во Франции приложения Booxup является создание общедоступного для широкого круга читателей личных книжных полок, чтобы они могли поделиться своими книгами со знакомыми и брать у других людей книги для чтения.

Приложение Booxup использует данные о местоположении пользователей, чтобы своевременно оповещать их о наличии доступных книг, и наиболее удобных для читателей мест их получения. Кроме того, при помощи данного приложения читатели могут без труда назначать встречи и обмениваться книгами. Сервис Booxup идеально помогает людям с общими интересами в области литературного искусства находить друг друга.

Приложение нацелено именно на продажу прочитанных книг, однако есть верхняя граница цены в пределах разумного, поскольку основной целью приложения является все-таки переиспользование старых книг по низким ценам. Как утверждает официальный сайт данного сервиса, для выставления книги на продажу достаточно просканировать штрих код книги, указать цену и состояние книги.

К сожалению, сервис доступен только для жителей Франции.

4. LiveLib

На рис. 3 представлен интерфейс LiveLib. LiveLib – русскоязычный интернет-проект, социальная сеть, посвящённая литературе. Сайт предоставляет информацию о книгах, писателях, издательствах,

библиотеках. Также имеются возможности ведения читательских дневников, обсуждения книг; публикации рейтингов пользовательских предпочтений, информирования о книжных новинках и литературных новостях, произведениях и изданиях, авторах книг, издательствах и издательских серий книг, библиотеках. Основной контент сайта создается пользователями. Пользователи могут общаться на форуме, играть в различные литературные игры, участвовать в конкурсах и даже получать реальные призы. Также благодаря данному сервису между читателями осуществляется обмен литературой. То есть функция обмена книгами не является основной для сайта, скорее дополнительной.

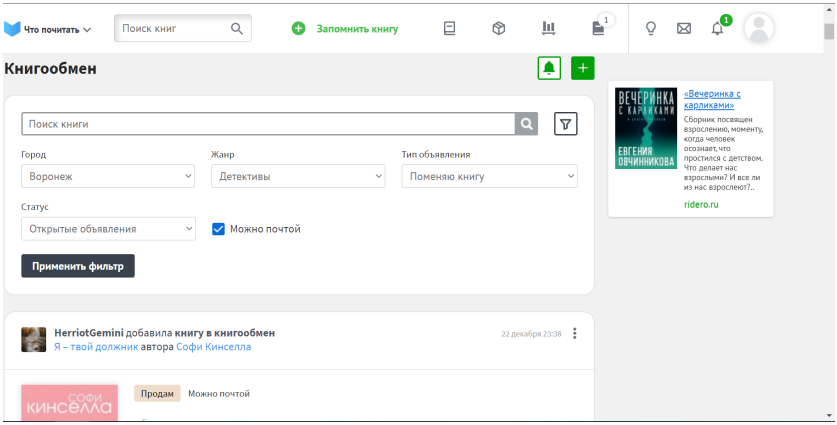


Рис. 3. Страница поиска книг для обмена LiveLib

На отдельной странице сайт предоставляет возможность поиска необходимой книги, которую другие пользователи выставили для обмена, продажи или даже в качестве подарка. Можно отфильтровать поиск по городу (в отличие от bookcrossing), жанру, типу объявления (продам, поменяю, дам почитать, подарю, хочу книгу), статусу (объявления в подготовке, открытые объявления, закрытые объявления) и возможности отправить по почте.

Также на странице каждой книги есть кнопка добавления книги в книгообмен, которая открывает соответствующую форму заполнения, где пользователю предлагается указать тип объявления, город, статус, краткое описание (условия обмена, состояние книги, цена), личные пометки.

Для удобства также можно просмотреть все открытые заявки на обмен на странице соответствующей книги, с кнопкой написать сообщение пользователю, выставившему объявление.

5. БукРивер

На рис. 4 представлен интерфейс БукРивер. Данный сервис, пожалуй, обладает всеми основными возможностями, перечисленными выше, имеет заурядный интерфейс, однако со всем необходимым. Особенно хочется отметить простоту сайта, сайт удовлетворяет всем необходимым потребностям для книгообмена, не предлагает ничего лишнего.

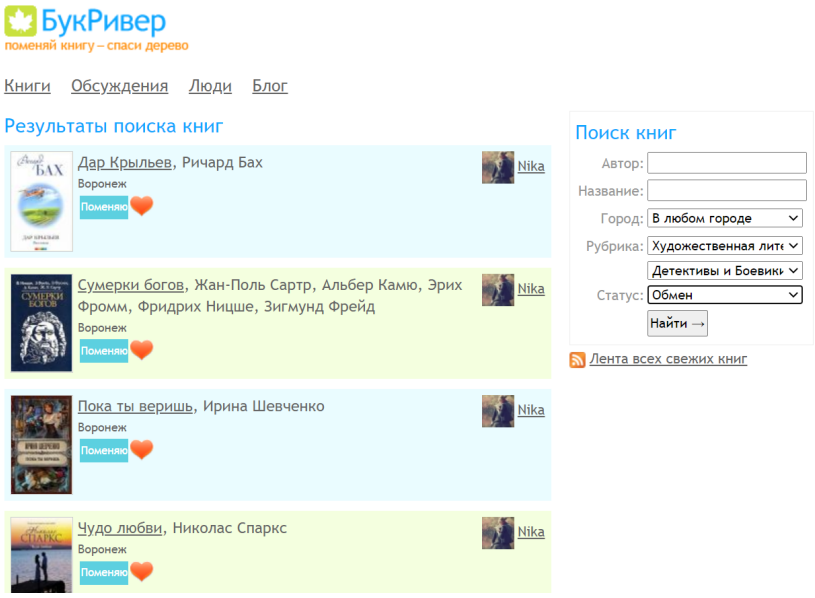


Рис. 4. Страница поиска книг для обмена БукРивер

Тип объявлений схож с предыдущим примером – обмен, подарок, «дадут почитать». Поиск осуществляется по следующим параметрам: автор, название, город, рубрика (художественная литература, нехудожественная литература, электронные книги, аудиокниги и т.д.), после выбора рубрики появляется еще одно поле с соответствующим списком подкатегорий данной рубрики (для художественной

литературы – детективы, романы, фантастика и т.д.) и наконец статус – обмен, подарок, дадут почитать.

Заключение

Сводные данные по сравнению сервисов для обмена книг приведены в таблице.

Таблица

Сравнительный анализ существующих решений

Название сервиса	Условия обмена как отдельный параметр объявления	Поиск по место-положению	Простота процесса обмена	Доступ-ность в России
Book-crossing	Нет	Нет	Поиск книги на местности может занять много времени	Да
Booxup	Нет	Да	Просто	Нет
Livelib	Да	Да	Много лишнего	Да
БукРивер	Да	Да	Неудобный интерфейс	Да

Проведенный анализ показал слабые и сильные стороны каждого из немногочисленных решений, что дает повод для создания более удобного, подходящего под нужды пользователя сервиса, объединяющего в себе положительные качества вышеперечисленных решений, но не выходящего за рамки поставленной цели – реализации процесса обмена книг пользователями.

Список литературы

1. Bookcrossing– URL: https://www.bookcrossing.com (дата обращения: 22.12.2020).
2. Booxup – URL: http://booxup.com (дата обращения: 22.12.2020).
3. LibLiv – URL: https://www.livelib.ru/bookswap (дата обращения: 22.12.2020).
4. БукРивер – URL: https://bookrix.ru (дата обращения: 22.12.2020).

Секция 5
Прикладное моделирование и E-business

Time series models in population prediction

A. L. Osipov, email: alosip@mail.ru
E. V. Klepikova, email: e.v.klepikowa@gmail.com

Novosibirsk State University of Economics and Management

Abstract. *The article examines linear and nonlinear time series models for predicting the population of the Russian Federation in the period from 1946 to 2020. The efficiency of population prediction using linear and nonlinear regression models is compared. Tools and time series models for predicting the population of the Russian Federation have been developed. Computational experiments were carried out, which showed the effectiveness of the proposed linear and nonlinear models.*

Keywords: *regression analysis; prediction, tools, population size, time series.*

Introduction

In modern conditions, the innovative way of development is considered as one of the main directions of economic modernization. It is almost impossible to compete in the traditional field of activity in the world markets, and only fundamentally new technologies, products, and management innovations will create a new competitive environment for industrial enterprises. In turn, the increase in innovation activity will ensure high rates of economic growth, increase the capitalization of the enterprise on the scale of production. In this regard, it is of particular importance to improve the efficiency of management of innovative activities of industrial enterprises. All of the above can not be done without a thorough analysis and forecasting of the population, which will solve the tasks of reformatting the Russian economy.

In the modern world, for the effective implementation of the socio-economic concept of the country's development, it is necessary to have information about the population. The state is concerned about solving problems related to demography, which is reflected in the Decree of the President of the Russian Federation on approval of the Concept of Demographic Policy of the Russian Federation for the period up to 2025 No. 1351 of 09.10.2007 [1].

The article examines the effectiveness of the developed mathematical models for the implementation of a retrospective population forecast for the period 1946-2020. At present, statistical prediction models are widely used in

© Osipov A. L., Klepikova E. V., 2021

predicting population dynamics, among which regression modeling and the age translation method are particularly distinguished, which have a high area of use and an effective degree of reliability in the implementation of forecasts. In the practice of predicting population dynamics (PD), nonlinear models are most often encountered [2-4]. In [4], a nonlinear model of the species $\tilde{K}_k^2$ for predicting the population of the Russian Federation for the period from 2001 to 2017 was studied. The model was reduced to a linear form and the coefficients of the model were estimated, which turned out to be equal $a = 4,9688$, .. The article concludes that the model has a good predictive ability. Having carried out the corresponding calculations, we found that in this model the coefficient of determination is very small and is equal to 0,016244. The Fisher criterion was equal to 0,247679. When comparing the Fisher criterion with the table, the above model turned out to be insignificant, which makes it impossible to use it in practice. The obtained statistical characteristics of the model are associated with a small sample size.

The research methods used in the article are related to theoretical and practical aspects: modeling and forecasting; programming systems; theory of effective decision-making; regression and correlation analysis.

1. A mathematical model

The article examines the effectiveness of linear and nonlinear regression models for predicting the population of the Russian Federation based on experimental data presented in table 1. The following time series were studied: linear; exponential; logarithmic; power and polynomial.

Table 1

Initial data for analysis

Year	PD, million	Year	PD, million	Year	PD, million
1946	97,548	1971	130,252	1996	148,291638
1947	98,028	1972	130,934	1997	148,028613
1948	98,834	1973	131,687	1998	147,802133
1949	99,706	1974	132,434	1999	147,539426
1950	101,16	1975	133,217	2000	146,890128
1951	102,833	1976	134,092	2001	146,303611
1952	104,439	1977	135,026	2002	145,649334
1953	106,164	1978	135,979	2003	144,96365
1954	107,828	1979	136,922	2004	144,333586
1955	109,643	1980	137,758	2005	143,801046
1956	111,572	1981	138,483	2006	143,236582
1957	113,327	1982	139,221	2007	142,862692

End of the table 1

1958	115,035	1983	140,067	2008	142,747535
1959	116,749	1984	141,056	2009	142,737196
1960	118,307	1985	142,061	2010	142,833502
1961	119,906	1986	143,033	2011	142,865433
1962	121,586	1987	144,156	2012	143,056383
1963	123,128	1988	145,386	2013	143,347059
1964	124,514	1989	146,505	2014	143,666931
1965	125,744	1990	147,665081	2015	146,267288
1966	126,749	1991	148,273746	2016	146,54471
1967	127,608	1992	148,514692	2017	146,804372
1968	128,361	1993	148,561694	2018	146,880432
1969	129,037	1994	148,355867	2019	146,78072
1970	129,66	1995	148,459937	2020	146,74859

2. Results of the study

Figure shows a graph of the population by year.

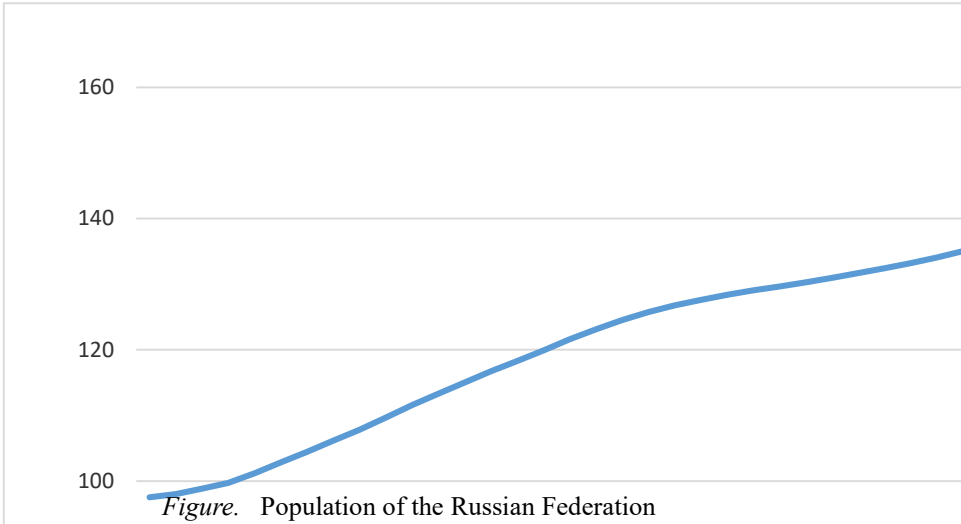


Figure. Population of the Russian Federation

A nonlinear model of the form was studied $Y = e^{a+bt}$. The statistical characteristics of the model were calculated using the tools [5-6]. The coefficients of the model are equal: $a = 4,694$; $b = 0,005$. The coefficient of determination was equal to 0,774, the Fisher criterion was equal to

249,443. The model was significant. Indicator $MAE = 7$, indicator $MAPE = 5,348$. The accuracy of the forecast calculated by the formula $T = 100 - MAPE$, was equal to 94,65%.

Next, a linear model of the form was investigated $Y = a + bt$. The statistical characteristics of the model were calculated using the tools [5-6]. The coefficients of the model are equal: $a = 109,166$; $b = 0,635$. The coefficient of determination was equal to 0,795, the Fisher criterion was equal to 283,222. The model was significant. Indicator $MAE = 6,315$, indicator $MAPE = 4,865$. The accuracy of the forecast calculated by the formula $T = 100 - MAPE$, was equal to 95,14%.

Next, a power model of the form was studied $Y = at^b$. The statistical characteristics of the model were calculated using the tools [5-6]. The coefficients of the model are equal: $a = 85,005$; $b = 0,1317$. The coefficient of determination was equal to 0,9297, the Fisher criterion was equal to 965,407. The model was significant. Indicator $MAE = 3,298$, indicator $MAPE = 2,533$. The accuracy of the forecast calculated by the formula $T = 100 - MAPE$, was equal to 97,467%.

Then a logarithmic model of the form was investigated $Y = a + b \ln t$. The statistical characteristics of the model were calculated using the tools [5-6]. The coefficients of the model are equal: $a = 78,69$; $b = 16,256$. The coefficient of determination was equal to 0,916, the Fisher criterion was equal to 799,163. The model was significant. Indicator $MAE = 3,506$, indicator $MAPE = 2,766$. The accuracy of the forecast calculated by the formula $T = 100 - MAPE$, was equal to 97,234%.

Then a polynomial model of the form was investigated $Y = a + bt + ct^2$. The statistical characteristics of the model were calculated using the tools [5-6]. The coefficients of the model are equal: $a = 93,605$; $b = 1,8473$, $c = -0,016$. The coefficient of determination was equal to 0,9833, the Fisher criterion was equal to 4298,257. The model was significant. Indicator $MAE = 1,643$, indicator $MAPE = 1,201$. The accuracy of the forecast calculated by the formula $T = 100 - MAPE$, was equal to 98,799%.

An additional set of statistical characteristics of time series models is presented in Table 2.

Of the models shown in Table 2, the best statistical and predictive properties are provided by the polynomial model.

Table 2

The statistical characteristics of the models

Модель	*MSE*	*RMSE*	R^2	*F*
$Y = e^{4,694+0,005t}$	59,169	7,692	0,774	249,443
$Y = 109,166 + 0,635t$	48,675	6,977	0,795	283,222
$Y = 78,69 + 16,256 \ln t$	19,879	4,459	0,916	799,163
$Y = 85,005 \cdot t^{0,1317}$	16,512	4,063	0,929	965,407
$Y = 93,605 + 1,8473t - 0,016t^2$	3,987	1,997	0,983	4298,257

Conclusion

The developed linear and nonlinear regression models based on time series have demonstrated high efficiency, which allows them to be used for practical applications. Linear and nonlinear time series models showing high predictive power are proposed and investigated. The effectiveness of the developed statistical methods based on linear and nonlinear models was tested. Instrumental software tools for predicting the population of the Russian Federation based on the developed models have been developed.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 1351 of 09.10.2007 "On approval of the Concept of demographic policy of the Russian Federation for the period up to 2025" // Collection of Legislation of the Russian Federation. – 2007. – No. 42. – St. 5009.
2. Pil, E. A. Forecasting the population for the G7 countries / E. A. Pil // Almanac of Modern Science and Education. – 2011. – No. 7. – P. 142-144.
3. Tarasova, O. V. On the question of the application of mathematical methods for the study of demographic processes / O. V. Tarasova // Theory and practice of social development. – 2015. – No. 24. pp. 186-188.
4. Kochegarova, O. S. Construction of a statistical model of the total population of the Russian Federation on the basis of a retrospective forecast / O. S. Kochegarova, Yu. V. Lazhauninkas // Modern studies of social problems. – 2017. – Volume 8. – No. 6. – pp. 56-66.
5. Osipov, A. L. Mathematical and instrumental methods of decision-making in economic research / A. L. Osipov, V. P. Trushina // Science of Krasnoyarsk. – Volume 8. – No. 4-2. – 2019. – pp. 58-61.
6. Osipov, A. L. Models of regression analysis for forecasting the population of the Russian Federation / A. L. Osipov, E. A. Rapotsevich // Science of Krasnoyarsk. – Volume 9. – No. 3-4. – 2020. pp. 116-121.

Mathematical models for predicting material damage from fires

A. L. Osipov, email: alosip@mail.ru
A. D. Pichurova, email: kiraskorpion10@gmail.com

Novosibirsk State University of Economics and Management

Abstract. *The article examines mathematical models for analyzing and predicting material damage from fires. Using linear and non-linear dependencies, the dependence of material damage on such factors as gross domestic product, population, the cost of fixed assets and the exponential time trend was estimated. The results obtained in the study can be used for short-term forecasting of damage caused by fires.*

Keywords: *regression analysis, prediction, tools, factors, correlation dependence, modeling, fire damage.*

Introduction

In the world practice, the problem of fire protection is one of the most urgent problems that require careful analysis and forecasting of damage from them. It is possible to study the material damage caused by fires using statistical methods and nonlinear methods such as Cobb-Douglas, which allow us to identify the relationship between the material damage caused by fires in the country and macroeconomic indicators. It is necessary to anticipate the degree of damage from fires and provide protection from them proactively, that is, it is necessary to develop methods for predicting fire danger in order to ensure the least damage [1].

The relevance of scientific research consists in the development of new multi-factor nonlinear models to identify the interdependence between macroeconomic factors and the choice of those parameters that make a great contribution to the assessment of the damage caused by the number of fires. Since fires in most cases are a kind of product of society, it is better to use the following parameters for their assessment: the population, the volume of fixed assets and gross domestic product (GDP). The constructed dependencies make it possible to solve the following problems of scientific research: the ability to anticipate; predict the state of the process when changing macroeconomic parameters [2].

The scientific article is devoted to an urgent problem related to the development of new nonlinear Cobb-Douglas models in economic research based on the principles of system analysis and the influence of

© Osipov A. L., Pichurova A. D., 2021

macroeconomic indicators on the target factor associated with economic damage from the number of fires in the Russian Federation.

Of particular importance in this work is the fact that it has developed a computer technology for decision-making based on the relationship of nonlinear models with technologies for selecting the most significant factors affecting the target indicator associated with economic damage.

The relevance of the article is not in doubt, since the developed nonlinear models and methods of effective decision-making on them make it possible to conduct economic research more quickly, reliably and at a lower cost when predicting economic damage from a fire hazard. In the course of the study, the main focus is on the relationship of various macroeconomic factors and their impact on the target factor associated with the economic damage caused by fires in the Russian Federation. The paper presents mathematical nonlinear models for predicting economic damage from fires and tools for their implementation.

1. A mathematical model

The following multi-factor models were studied $Y_t = AX_1^{\alpha} X_2^{\beta} X_3^{\gamma} e^{\lambda t}$, where Y_t-fire damage in t the year (FD), X_1- gross domestic product (GDP), X_2- population of the Russian Federation (CHN), X_3- the volume of fixed assets of the Russian Federation (VF), λ- a parameter that characterizes the exponential time trend. The initial data for the analysis are presented in the following table 1.

Table 1

Used to analyze the characteristics

Year	FD, billion	GDP, trillion	CHN, million	VF, trillion
2003	4,175485	13,0802	145	32,173286
2004	5,893581	17,0272	144,3	34,873724
2005	6,682478	21,6098	143,8	41,493568
2006	8,475058	26,9172	143,2	47,489498
2007	8,696231	33,2475	142,8	60,391454
2008	12,228599	41,2768	142,8	74,441095
2009	11,193949	38,8072	142,7	82,302969
2010	14,565008	46,3085	142,9	93,185612
2011	18,042406	60,2825	142,9	108,001247
2012	15,6934	68,1639	143	121,268908
2013	13,2029	73,1339	143,3	133,521531
2014	18,723313	79,1997	143,7	147,429656

End of the table 1

Year	FD, billion	GDP, trillion	CHN, million	VF, trillion
2015	22,870367	83,3872	146,3	160,725261
2016	14,323829	86,0102	146,5	183,403693
2017	14,217273	92,0893	146,8	194,649464
2018	15,913505	103,6266	146,9	210,940524

2. Results of the study

Figure shows a graph of the damage caused by year.

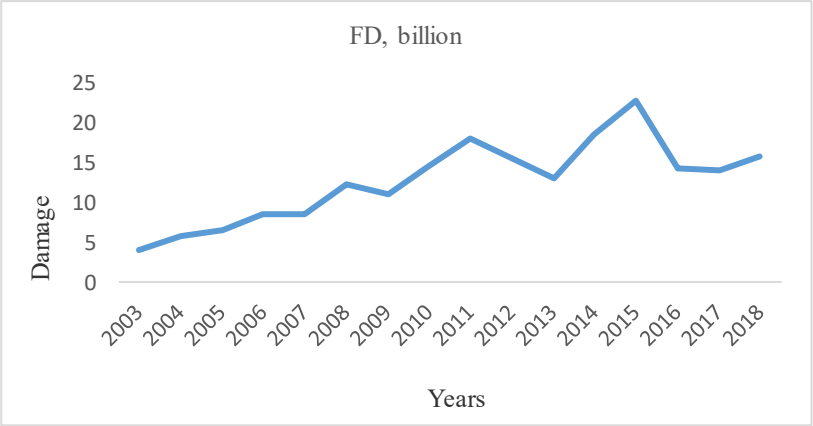


Figure. Schedule of material damage

The correlation matrix of the economic damage target with the above four factors is presented in table 2.

Table 2

The correlation between the factors

	FD	GDP	CHN	VF	Year
FD	1	0,82	0,24	0,76	0,81
GDP	0,82	1	0,57	0,99	0,99
CHN	0,24	0,57	1	0,65	0,57
VF	0,76	0,99	0,65	1	0,99
Year	0,81	0,99	0,57	0,99	1

A correlation was found between GDP and VF with a correlation coefficient of 0,99, as well as between GDP and the time parameter with a

correlation coefficient of 0,99. It can be seen that there is a close relationship between them and models should use one of these factors in order to exclude multicollinearity.

Next, multivariate nonlinear Cobb-Douglas dependencies were constructed using an exponential trend. Significant models and their main indicators are presented in table 3.

Table 3

The statistical characteristics of the models

Model	R^2	F	SD
$FD = 0{,}1348\, GDP^{1{,}38} e^{-0{,}0991t}$	0,91	65,912	0,149
$FD = GDP^{1{,}174} CHN^{-0{,}54} VF^{0{,}363} e^{-0{,}1185t}$	0,997	1048,438	0,154
$FD = GDP^{1{,}35711} CHN^{-0{,}3913} e^{-0{,}09553t}$	0,997	1491.413	0,149
$FD = 0{,}05833\, GDP^{1{,}1888} VF^{0{,}3988} e^{-0{,}1258}$	0,912	41,37	0,154

Other models obtained with other combinations of macroeconomic parameters showed worse results and are not given in the article.

For the above models, the following important indicators were calculated, presented in table 4.

Table 4

The predictive characteristics of the models

MAPE	MAE	MSE	RMSE	Average approxima-tion error	WAPE	Prediction accuracy
10,474	1,542	4,742	2,178	1,542	12,04	87,96
10,366	1,155	4,758	2,182	1,515	11,83	88,17
10,439	1,539	4,774	2,185	1,539	12,02	87,98
10,409	1,517	4,711	2,171	1,517	11,85	88,15

An important metric WAPE (Weighted Absolute Percentage Error) is measured as a percentage. Through this indicator, the forecasting accuracy is calculated as a percentage, as 100-WAPE.

In terms of statistical parameters, the above models are very effective. Computational experiments on the models were calculated using MS Excel

and the SPSS statistical package, as well as using the developed software package [3-5].

Conclusion

The nonlinear models presented in the article, taking into account the identification of significant macroeconomic parameters that make the greatest contribution to the indicator of material damage from the number of fires, have shown efficiency sufficient for their practical application. Multivariate linear dependences of the Cobb-Douglas type are proposed and investigated, which demonstrate a high dependence of the presented factors on the assessment of material damage on the number of fires in the Russian Federation. A set of software tools for predicting economic damage from the number of fires by significant macroeconomic parameters is presented [3-5].

References

1. Pranov, B. M. Adequate interdisciplinary models in forecasting time series of statistical data / B. M. Pranov // Software products and systems. – Tom 31. – № 3. – 2018. – pp. 444-447.

2. Kirilyuk, I. L. Model the production functions for the Russian economy // Computer research and modeling. – T. 5. – № 2. – 2013. – pp. 293-312.

3. Osipov, A. L. Mathematical and instrumental methods of decision making in economic research / A. L. Osipov, V. P. Trushina // Science of Krasnoyarsk. – Volume 8. – No. 4-2. – 2019. – pp. 58-61.

4. Osipov, A. L. Factor models for predicting damage from fires / A. L. Osipov, E. A. Rapatsevich // Science of Krasnoyarsk. – Volume 9. – No. 2-4. – 2020. – pp. 119-124.

5. Osipov, A. L. Factor models for forecasting time series of fire statistics / A. L. Osipov // Science of Krasnoyarsk. – Tom 9. – № 2-3. – 2020. – pp. 126-131.

Решение многокритериальной задачи нечеткого параметрического выбора на трехдольном графе

Н. А. Алейникова, e-mail: balbashovan@mail.ru
М. Г. Матвеев, e-mail: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Описаны этапы решения задачи параметрического выбора на трехдольном графе, в условиях, когда критерий предпочтения является нечетким вектором.*

Ключевые слова: *граф, параметрический выбор, транспортная задача, нечеткая переменная, агрегирование, интеграл Шоке, нечеткая мера Сугено.*

Введение

Рассматривается задача выбора на трехдольном графе. На практике часто встречаются социально-экономические системы, описываемые такими графами. Подобные системы включают в себя три множества вершин (элементов). Два внешних множества элементов будем ассоциировать с игроками (назовем их условно потребителями и поставщиками), внутреннее, промежуточное между ними множество – с альтернативами. Множество поставщиков обозначим через $V^1 = \left\{v_i^1\right\}, i = \overline{1,n}$, множество альтернатив через $V^2 = \left\{v_j^2\right\}, j = \overline{1,m}$, множество потребителей через $V^3 = \left\{v_k^3\right\}, k = \overline{1,d}$ На рисунке представлена структурная схема такой системы. Примерами таких систем являются модель «производители-товары-магазины», биржевая модель B2B компании, «поставщики» – «ресурсы» – «производство» и т.д.

Актуальной задачей является определение того, какие связи могут быть сформированы между элементами этой системы для обеспечения возможности достижения ее максимальной функциональной эффективности. Поскольку кратность вершин каждого из трех множеств может превышать 1, то решается обобщенная задача о назначениях.

1. Формализация связей между элементами системы

Одна из особенностей данной задачи заключается в том, что критерий предпочтения, по которому расставляются связи между вершинами трех множеств, содержит две составляющие. Первая – это

© Алейникова Н. А., Матвеев М. Г., 2021

требования, предъявляемые потребителями к альтернативам, обозначим множество таких требований через вектор K^2, вторая – требования к поставщикам – вектор K^1.

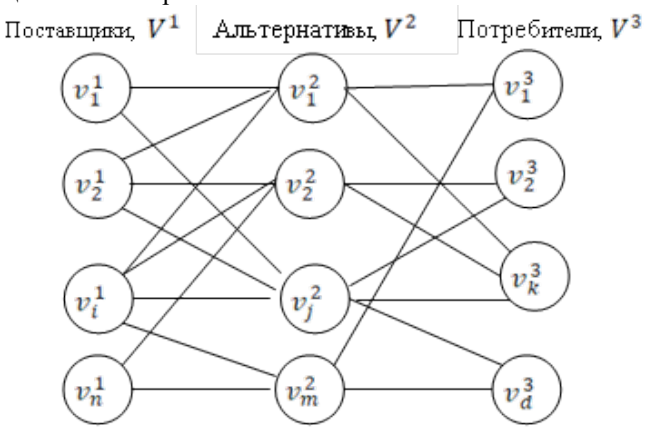


Рисунок. Трехдольный граф

Современный подход при проектировании сложных технических объектов предполагает параметрический выбор связей между рассматриваемыми множествами. То есть векторы K^2 и K^1 включают в себя полный перечень требуемых характеристик альтернатив и поставщиков в виде набора целевых значений некоторых параметров (критериев). При этом целевые значения могут быть заданы как качественно, так и количественно. Параметрическое описание требований, с одной стороны расширяет возможности выбора, с другой стороны обеспечивает высокую степень детализации требований, что в свою очередь позволяет выбирать, в рамках имеющихся возможностей, наиболее эффективные связи между элементами множеств [1].

Важной особенностью параметрического задания требований является неравнозначность допустимых целевых значений для конкретного критерия из K^2 и K^1. Практически всегда из допустимого диапазона можно указать более желательные значения. Особенности задания критериев, такие как «расплывчатость» требований, обосновывают предположение о возможности использования теории нечетких множеств для описания их целевых значений. Кроме того, параметрическое задание требований при выборе существенно осложняется неоднородностью значимости самих критериев. Критерии обычно делят на «важные» и «менее важные» с точки зрения влияния на

результат выбора. Сами векторы K^2 и K^1 могут конфликтовать друг с другом.

Обобщая сказанное выше, полагаем, что векторы требований являются нечеткими параметрическими векторами, где каждая компонента – это нечеткая или лингвистическая переменная. Каждая переменная имеет кусочно-линейные функции принадлежности $f_{\tilde{K}_j^2}(x)$ и $f_{\tilde{K}_j^1}(x)$, носители которых – $x_{\min} \le x \le x_{\max}$ отражают возможные целевые диапазоны значений критериев, а значения функции – их предпочтения. Для дискретных значений носителя функция принадлежности будет иметь табличный вид. Таким образом, поскольку каждый k-й потребитель предъявляет нечеткие требования к альтернативам, обозначим совокупность требований в виде нечеткого вектора $\tilde{K}_k^2 = \left(\tilde{K}_{k1}^2, \tilde{K}_{k2}^2, ..., \tilde{K}_{kp}^2\right)_{k=\overline{1.d}}$. Аналогично, совокупность требований к поставщикам обозначим нечетким вектором с элементами $\tilde{K}_k^1 = \left(\tilde{K}_{k1}^1, \tilde{K}_{k2}^1, ..., \tilde{K}_{kp}^1\right)_{k=\overline{1.d}}$.

В свою очередь, будем считать, что альтернативы и поставщики имеют четкие значения по каждому критерию. Совокупность значений для j-й альтернативы по каждому критерию из $\tilde{K}^2$ представляется в виде четких значений компонент вектора – $q_j = (q_j^1; ...; q_j^p)$, j-я компонента которого принимает значения либо на количественной, либо на качественной шкале, $j = \overline{1,m}$. Совокупность четких значений для i-го поставщика по каждому критерию из $\tilde{K}^1$ по j-й альтернативе представляется в виде значений компонент матрицы $g_{ij} = (g_{ij}^1; ...; g_{ij}^r)$, $i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}$.

Соответствие альтернативы или поставщика требованиям по одному критерию из $\tilde{K}^2$ или $\tilde{K}^1$ будем называть локальным соответствием. Мера локального соответствия пары «альтернатива v_j^2 – потребитель v_k^2» по критерию $\tilde{K}_{kl}^2$ из $\tilde{K}^2$ вычисляется путем подстановки соответствующего четкого значения координаты вектора q_j в функцию принадлежности $f_{\tilde{K}_l^2}(x)$. Обозначим ее через $\mu_{jk}^l, l = \overline{1,p}$. Мера локального соответствия пары «поставщик v_i^1 – альтернатива v_j^2» определяется путем подстановки соответствующего

четкого значения элемента матрицы g_{ij} в функцию принадлежности $f_{\tilde{K}_j^1}(x)$. Обозначим ее через $\eta_{ij}^s, s=\overline{1,r}$. При назначении связей выбираться будут такие пары, локальные соответствия которых лучше всего соответствует заданному «идеалу» по всей совокупности критериев.

Поскольку критерии неравнозначны, то можно, например, экспертным путем назначить веса каждого критерия, которые будем обозначать $\varphi(\tilde{K}_j^2)$ или $\varphi(\tilde{K}_j^1)$.

2. Построение обобщенного показателя эффективности

Следовательно, возникает еще одна проблема, для формирования эффективных связей между элементами множеств V^1, V^2 и V^3 необходимо определить совокупную степень соответствия конкретного вида поставщика и альтернативы нечетким требованиям по множеству локальных соответствий с учетом неравнозначности каждого критерия. Эту задачу можно решить методами нечеткого логического вывода, путем построения экспертом системы нечетких продукционных правил. Но таких правил может быть очень много, что делает практически невозможным нечеткий логический вывод. Более того, эксперт столкнется еще с одной трудностью – проблемой учета противоречивости локальных соответствий, то есть соответствий по значениям отдельных характеристических параметров. Например, по ряду параметров достигается хорошее соответствие, зато по другим соответствие требованиям невысокое; сформулировать степень обобщенного соответствия затруднительно уже при десятке параметров [2].

Предлагается другой путь, который позволит вычислять агрегированное соответствие (обозначим его соответственно через μ_{jk} и η_{ij}) на основе найденных локальных соответствий с учетом нелинейного характера влияния критериев друг на друга и в целом на обобщенный показатель эффективности.

В соответствии с работой [3] «агрегирование числовых критериев есть метод их объединения в один числовой критерий (результат агрегирования) для выражения совокупного действия этих критериев» Оператором агрегирования часто называют обладающую некоторыми заданными свойствами функцию от N переменных (критериев) $agr(x_1,...,x_N)$, каждая из которых определена на единичном интервале.

Областью значений этой функции также является единичный интервал. Функция должна отвечать ряду обязательных условий:

1. полное локальное несоответствие ($\mu_{jk}^{l} = $ или $\eta_{ij}^{s} = 0$) хотя бы по одному параметру влечет полное агрегированное несоответствие;

2. полное агрегированное соответствие ($\mu_{jk} = $ или $\eta_{ij} = 1$) может достигаться только при полном локальном соответствии по всем характеристическим параметрам ($\mu_{jk}^{l} = 1, l = \overline{1, p}$ или $\eta_{ij}^{s} = 1, s = \overline{1, r}$).

3. $agr(x_1;...;x_N) \le agr(y_1;...;y_N)$, если $(x_1;...;x_N) \le (y_1;...;y_N)$.

В качестве такой функции предлагается использовать интеграл Шоке, который применяется для агрегирования, когда на результат влияет величина каждого из критериев. Вычисление интеграла Шоке основано на λ-нечеткой мере Сугено, которая выражает субъективный вес или значимость каждого подмножества критериев и определяется следующим образом

$$\phi\left(\left\{K_j, j \in M^1\right\}\right) = \frac{\left[\prod_{j \in M}\left(1 + \lambda\phi_j\right) - 1\right]}{\lambda}, \quad M^1 \subseteq M \tag{1}$$

где ϕ_j – коэффициенты важности отдельно взятых частных показателей эффективности при построении обобщенного показателя, в нашем случае – это веса, назначенные экспертами $\varphi(\%K_j)$ или $\varphi(\%K_j)$, M – множество индексов $\overline{1, p}$ или $\overline{1, r}$, параметр λ можно найти из уравнения:

$$\lambda + 1 - \prod_{j \in M}\left(1 + \lambda\phi_j\right) = 0; \quad \lambda > -1, \lambda \neq 0, \tag{2}$$

Тогда интеграл Шоке для нахождения агрегированного соответствия μ_{jk} рассчитывается по формуле

$$\mu_{jk} = agr\left(\mu_{jk}^{1}, ..., \mu_{jk}^{p}\right) = \sum_{l=1}^{p}\left(\mu_{jk}^{(l)} - \mu_{jk}^{(l-1)}\right)\phi\left(x / f_{\%K_l}(x) \ge \mu_{jk}^{(l)}\right), \tag{3}$$

где $\mu_{jk}^{(1)}, \mu_{jk}^{(2)}, ..., \mu_{jk}^{(p)}$ – перестановка элементов $\mu_{jk}^{1}, \mu_{jk}^{2}, \text{K}, \mu_{jk}^{p}$ такая, что $\mu_{jk}^{(1)} \le \mu_{jk}^{(2)} \le ... \le \mu_{jk}^{(p)}$, $\mu_{jk}^{(0)} = 0$; x – это подмножество компонент вектора q_j. При этом, если хотя бы одно локальное соответствие равно 0, то считаем, что $\mu_{jk} = 0$.

Нахождение агрегированных соответствий η_{ij} происходит аналогично.

Таким образом, получаем две матрицы агрегированных соответствий поставщиков альтернативам $\left(\mu_{jk}\right)_{j=\overline{1,n};k=\overline{1,d}}$ и альтернатив потребителям $\left(\eta_{ij}\right)_{i=\overline{1,m};j=\overline{1,n}}$.

3. Оптимизация связей между элементами системы

Следующая задача, это оптимизация связей между элементами графа (рисунок) для обеспечения возможности достижения максимальной функциональной эффективности. Ее уже можно решать как задачу о назначении, где целевыми коэффициентами будут элементы матриц агрегированных соответствий или как транспортную задачу, если будут дополнительно заданы количества альтернатив, которые могут поставить поставщики w_{ij}, и потребности потребителей в альтернативах v_k. Свертку требований, предъявляемых потребителями к альтернативам и требований к поставщикам по каждой альтернативе, формализуем выпуклой линейной комбинацией

$$a\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\mu_{ij}+(1-a)\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{d}\eta_{jk}, \qquad (4)$$

где a – параметр, $a\in[0,1]$.

Обозначим через x_{ij} количество альтернатив j-го типа от i-го поставщика, через y_{jk} – количество альтернатив j-го типа, назначенных k-й заявке. Математическая модель транспортной задачи для оптимального распределения альтернатив от поставщиков по потребителям имеет вид:

$$a\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\mu_{ij}x_{ij}+(1-a)\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{d}\eta_{jk}y_{jk}\to\max,$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{m} y_{jk} = v_k, \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = \sum_{k=1}^{d} y_{jk}, \\ x_{ij} \le w_{ij},\ i = \overline{1,m},\ j = \overline{1,n}. \end{cases} \tag{5}$$

$$x_{ij}, y_{jk} \in \left\{0, Z^{+}\right\}, i = \overline{1,m},\ j = \overline{1,n},\ k = \overline{1,d}.$$

Как уже говорилось, a – параметр, меняется в пределах от 0 до 1. Чем ближе a к 1, тем важнее соответствие техническим требованиям, чем ближе к 0, тем важнее коммерческие требования.

Первое ограничение модели (5): количество альтернатив, которые поступают от поставщиков, должно полностью удовлетворить потребности всех k потребителей.

Второе ограничение: суммарное количество j-ой альтернативы, полученной от всех поставщиков, должно быть полностью распределено по потребителям.

Здесь важно не допустить дефицита альтернатив, то есть должно выполняться $\sum_{k=1}^{d} v_k \le \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w_{ij}$. Иначе нужно вводить фиктивного поставщика.

Заключение

Особенность модели (5) состоит в том, что она обеспечивает одновременное удовлетворение коммерческим требованиям при выборе поставщика и техническим требованиям при распределении альтернатив по потребителям. При этом требования задаются «обезличенно», с помощью нечетких векторов, элементами которых являются нечеткие или лингвистические переменные. В условиях противоречивости коммерческих и технических требований задачу можно рассматривать как многоцелевую. Линейная свертка (4) позволяет найти одно из компромиссных решений с помощью варьирования параметра a, что обеспечивает возможность адаптации модели к меняющимся требованиям потребителей.

Список литературы а

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 Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – №. 2. – С. 66-71.

2. Matveev, M. Models of Centralized Equipment Procurement Based on Supplier-Consumer Matching / Matveev M., Podvalny S. //2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – IEEE.– 2019. – С. 151-154.

3. Detyniecki, M. et al. Mathematical aggregation operators and their application to video querying. PhD dissertation. Docteur de l'Universite. Paris. 2000.

4. Павлов, А.Н. Принятие решений в условиях нечеткой информации: учеб. пособие / А.Н. Павлов, Б.В. Соколов; ГУАП– СПб. – 2006. – 72 с.

Применение тренажёров и тренажёрных комплексов для улучшения подготовки операторов сложных технических систем

В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru [1]
Ю. А. Власов, email: nauchnajarota@yandex.ru [2]
А. П. Илясов, email: ilyasov.444@yandex.ru [2]
С. Н. Минаков, email: nauchnajarota@yandex.ru [2]

[1] Тамбовский государственный технический университет
[2] Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный)

Аннотация. *Качество подготовки специалистов по применению сложных технических систем сильно влияет на их эффективность применения. Применение тренажеров и тренажерных комплексов обеспечивает не только получение знаний об управлении сложными техническими системами в нештатных и критических ситуациях, но и формирования пространственно-векторных комплекций. В данной статье представлены формы взаимодействия оператора с моделью сложной технической системы, результата анализа возможностей тренажёров различной степени сложности, сформулированы главные принципы построения тренажеров для подготовки специалистов РЭБ к реальным условиям радиоэлектронной обстановки.*

Ключевые слова: *Радиоэлектронная борьба; тренажёр; тренажёрный комплекс; сложная техническая система (СТС); система специального назначения (ССН); подготовка; специалист.*

Введение

В настоящее время процесс подготовки специалистов по применению сложных технических систем в основном проводится с использованием штатной техники, что позволяет выработать у обучающихся операторов умения и навыки решения типовых практических задач и нестандартных проблемных ситуаций, но такой подход не рационален, так как приводит к расходу ресурса техники. Поэтому в последнее время все больше внимания, при подготовке специалистов по применению сложных технической систем уделяют использованию информационных технологий, позволяющих в определенной степени имитировать реальные образцы сложных технических систем. С использованием информационных технологий

© Алексеев В. В., Власов Ю. А., Илясов А. П., Минаков С. Н., 2021

разрабатывается большинство тренажеров, используемых при подготовке специалистов по применению сложных технических систем [1].

1. Тренажёры по подготовке специалистов сложных технических систем

Согласно ГОСТ 26387-84 [2], тренажер – техническое средство, предназначенное для профессиональной подготовки операторов системы "человек-машина" (СЧМ), отвечающее требованиям методик подготовки, реализующее модель СЧМ и обеспечивающее контроль качества деятельности обучаемого.

Одним из направлений создания тренажеров является создание тренажёрных комплексов, которые являются совокупностью программно-аппаратных средств, образующих единую для всех тренажеров систему коллективного пользования, единых принципов и технологий формирования тренажеров на его базе, а также собственно тренажеров, входящих в его состав.

Преимуществом подготовки специалистов на тренажерах в отличие от подготовки на реальных объектах, связанно с сокращение экономических и временных затрат на подготовки специалистов, экономия ресурсов штатных объектов, а также снижение риска негативных последствий связанных с неправильными действиями и неопытностью операторов. Но главное при использовании тренажеров появляется возможность многократно моделировать без риска различные критические, предаварийные и аварийные ситуации, которые воспроизвести на реальном объекте (средстве РЭБ) невозможно. [3].

Профессиональная практическая подготовка призвана сформировать у специалиста умения и навыки, которые позволяют ему уверенно осуществлять управление объектом (средством РЭБ) в простых, сложных и критических ситуациях.

Подготавливаемый специалист становится элементом контура моделирования (рис. 1). Его воздействия на органы управления передаются на вход модели объекта, и в результате воспроизводится такое поведение этого объекта, каким бы оно было в реальных условиях при таких же управляющих воздействиях.

Особенности техники РЭБ заключаются в том, что она работает как самостоятельно, так и в составе сопряженных пар средств или комплексе в целом.

Создание тренажерных комплексов, представляющих из себя автоматизированную подготовительную систему, которая образуется путем соединения средств индивидуальной подготовки в единую среду общего взаимодействия с использованием локальной вычислительной

сети. Тренажёрные комплексы дают возможность повысить слаженность работы специалистов в условиях, имитирующих реальные, отработать взаимодействие как внутри экипажа, так и с вышестоящим командиром, которым в процессе подготовки является инструктор [4].

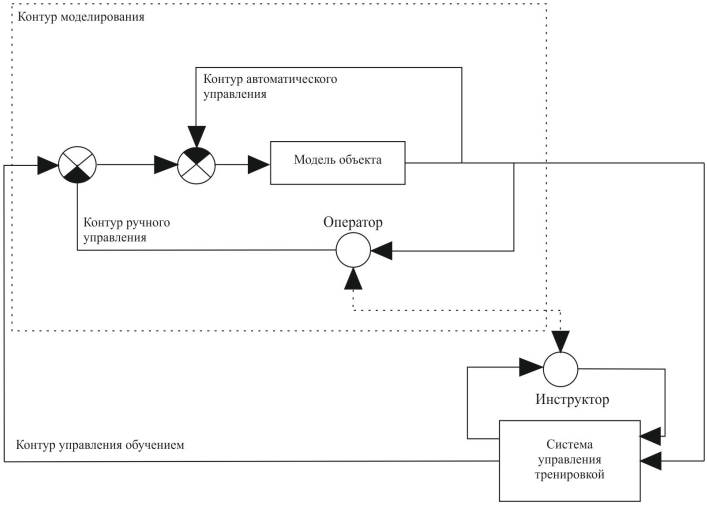


Рис. 1. Тренажер как моделирующий комплекс и подготавливающая система

2. Системы специального назначения

Средства индивидуальной боевой подготовки специалистов сложных систем специального назначения включают тренажеры различной степени сложности: статические, динамические.

Статические тренажёры. Главная особенность заключается в отсутствие в таких системах математической модели процессов. Данные системы, как правило, включают в себя рабочее место оператора (РМО), рабочее место инструктора (РМИ) и периферийное оборудование, а также связи между ними, структура статического построения тренажёров показана на рис. 2.

Основным элементом этой структуры является РМО, на котором воссоздаются условия имитируемого процесса. На РМО устанавливаются все необходимые органы управления, средства отображения и средства связи, необходимые оператору, чтобы управлять реальным объектом.

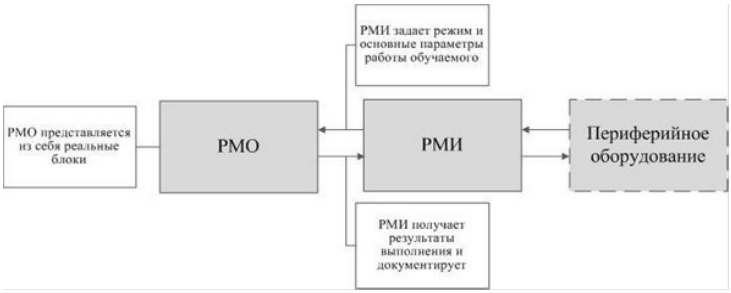


Рис. 2. Структура статических тренажёров

РМИ позволяет выбирать сценарий тренировки, но не позволяет задавать динамические параметры.

Статические тренажеры систем специального назначения предназначены для привития навыков работы с отдельными приборами или для закрепления сенсомоторных навыков в варианте статического тренажера [4].

Недостатком статических тренажёров для подготовки специалистов систем специального назначения является их низкая интерактивность, которая сводится в основном к деятельностным формам взаимодействия оператора с моделью объекта.

Деятельностная форма характеризуется конструктивным взаимодействием пользователя с учебными объектами/процессами по заданному алгоритму с контролем отклонений. На каждом шаге пользователя тем или иным способом приводят к единственно верному решению, так что путь решения учебной задачи предопределен. К деятельностным формам относится контролируемое выполнение определенной последовательности действий с получением разъяснений ошибок на каждом шаге, например, выполнение с помощью тренажёра нормативов на модели объекта.

Динамические тренажёры обеспечивают исследовательскую форму взаимодействия пользователя с объектами/процессами в виртуальном пространстве. Данные системы используют в своем составе персональные компьютеры (ПК) и специальное программное обеспечение (СПО), позволяют проводить обучение без наличия имитационных частей, структура динамического построения тренажёра показана на рис. 3.



Рис. 3. Структура динамических тренажеров

СПО предназначено для проведения теоретической подготовки и практической подготовки путем проведения тренировок по различным сценариям изменения внешней обстановки [5].

Учебные цели не внедрены в контент, т.е. пользователю не навязывается последовательность действий, которая заведомо приведет к заданному результату. На любом шаге позволяется сделать любой выбор и далее производить следующие шаги до получения некоторого результата. При этом ни один выбор не квалифицируется как неверный. Учащемуся предоставляется возможность самостоятельно убедиться в практической полезности полученного конечного результата и/или получить итоговую оценку результативности своих действий. Разумеется, не исключен и такой вариант, что при всем старании учащемуся задачу решить не удастся и учебная цель достигнута не будет. Это необходимый компонент широко известного метода «проб и ошибок».

К основным возможностям динамических тренажёров для подготовки специалистов систем специального назначения можно отнести: генерация оригинальных интерактивных композиций, исследование сложных объектов/процессов и/или взаимозависимости разных объектов методами имитационного моделирования, многовариантное взаимодействие с объектами/процессами в виртуальном пространстве с программной генерацией адекватных ответных реакций, взаимодействие со сложными многофакторными системами, представляющими собой сегменты виртуальной реальности.

Заключение

Тренажёрные комплексы, построенные на основе динамической схемы, позволяют проводить одиночную или совместную отработку действий в сценариях ситуаций, максимально приближенных к боевой обстановке, а также создавать имитацию действий вероятного противника. Именно такой вариант реализации обеспечивает максимальную эффективность подготовки специалистов сложных технических систем.

Таким образом, при сохранении времени выделенного на выполнение программы боевой подготовки, тренажёрные комплексы, построенные на основе динамической схемы, предоставят возможность подготовки большего количества квалифицированных специалистов, способных не только знать материальную и техническую части изучаемых сложных технических систем и систем специального назначения, порядок выполнения действий при работе на них, но и способных принимать самостоятельные, взвешенные решения в непредвиденных ситуациях в ходе выполнения боевой работы.

Список литературы

1. Лаврушин, А. В. Учебно-тренировочные средства в обучении военнослужащих / А. В. Лаврушин, М. А. Филиппов // Наука и современность. – 2014. – С. 158-162.

2. ГОСТ 26387-84 Система «человек-машина». Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2005.

3. Шукшунов, В. Е. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов, В. В. Циблиев, С. И. Потоцкий. – М.: Машиностроение, 2005.

4. Белов, В. В. Анализ принципов и российского опыта построения учебно-тренировочных средств / В. В. Белов, Д. А. Водиченков, Н. Н. Власов // Cloud of Science, 2016. – Т. 3. – № 1. – С. 81–94.

5. Перспективы применения учебно-тренировочных средств для подготовки военных специалистов в высших учебных заведениях / А. Ю. Онуфрей [и др.] // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2018. – Т. 10. – № 4. – С. 55-63.

Оптимизация состава технологических переходов при многопозиционной автоматической обработке

М. А. Анфёров, email: anfyorov@inbox.ru

«МИРЭА – Российский технологический университет»

Аннотация. *Рассматривается метод оптимизации структуры технологических операций наукоемкого производства, выполняемых на многопозиционном автоматическом оборудовании, использующий динамическое программирование и специально разработанные алгоритмы.*

Ключевые слова: *моделирование, оптимизация, динамическое программирование, САПР ТП, многопозиционная обработка.*

Введение

Высокий уровень интеграции информационных систем, задействованных в процессе жизненного цикла продукции в рамках CALS-стратегии [1], выдвигает соответствующие требования к уровню автоматизации поддерживаемых ими процессов. В отношении наукоемких изделий это, в первую очередь, относится к технической подготовке производства [2]. При этом наиболее трудной формализации поддается процесс автоматизированного проектирования технологических процессов ввиду значительной многовариантности их структуры, определяемой выбором состава технологических операций, этапов и методов обработки поверхностей, технологических баз, средств технологического оснащения и т.д., а также сложного влияния сочетания технологических воздействий на эксплуатационные свойства поверхностей деталей. Это определяет высокое значение моделей и алгоритмов, используемых в современных системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) [2].

В работе рассматривается алгоритмизация оптимального формирования структуры технологических операций, требующих синхронизации машинного времени при многопозиционной обработке заготовок на автоматическом оборудовании: многошпиндельных токарных станках полуавтоматах, поточных автоматических и роторно-конвейерных линиях, роботизированных гибких автоматических модулях. В отличие от стохастической оптимизации с использованием

© Анфёров М. А., 2021

генетического алгоритма [3] в данной работе представлен численный метод, основанный на теории динамического программирования.

Актуальность данной задачи определяется, во-первых, значительным вниманием, уделяемым автоматизации современного машиностроительного производства, направленной на повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий за счет сокращения их станкоемкости, а, следовательно, и себестоимости и, во-вторых, повышением эффективности САПР ТП применительно к такому производству.

1. Постановка задачи

Рассматриваемая задача распространяется, как отмечено выше, на многопозиционную технологическую обработку, предполагающую, что машинные времена на этих позициях $\{\tau_1, \tau_2, ..., \tau_r\}$ (τ_j – время обработки на j-й позиции, определяемое суммой времен выполняемых технологических переходов) были максимально равны друг другу. Это обеспечивает максимальную технологическую производительность, выступающую в данном случае в качестве критерия структурной оптимизации технологической операции.

Таким образом задача сводится к распределению основных технологических переходов $\mathbf{P} = \{p_i\}$, $i \in [1, n]$ между r позициями технологического комплекса. При этом имеет место отображение $\xi : \mathbf{P} \to \mathbf{T}$, где $\mathbf{T} = \{t_i\}$ – множество времен выполнения этих переходов.

С учетом сказанного условие оптимизации структуры технологической операции по критерию максимальной производительности можно записать следующим образом:

$$\tau_{\sup} - \tau_{\inf} = \varepsilon \to 0, \tag{1}$$

где $\tau_{\sup} = \max\{\tau_j\}, \tau_{\inf} = \min\{\tau_j\}, j = [1, r]$.

Это вытекает из того, что несмотря на различие времени выполнения обработки на отдельных позициях синхронизация времени пребывания заготовок на этих позициях предполагает одно значение – τ.

2. Метод оптимизации

Идея метода основана на заполнении временно**г**о интервала τ элементами множества $\mathbf{T} = \{t_i\}$ с выполнением условия

$$\tau - \sum_{t_i \in \mathbf{T}} t_i = \delta \to 0. \tag{2}$$

Теоретическую основу метода составляет теория динамического программирования.

Для достижения поставленной цели использован метод динамического программирования при решении так называемой "задачи об оптимальной загрузке рюкзака" [4], которая подверглась модификации в связи с особенностями основной задачи.

При этом предварительно из элементов множества $\mathbf{T}$ формируется новое упорядоченное множество $\overline{\mathbf{T}} = \{t_i\}$ таким образом, что для $\forall\ i \in [1, n–1] \ \Rightarrow\ t_i \le t_{i+1}$.

Результат решения в постановке (2) определяется вектором $\mathbf{X} = \{x_i\}$, $i \in [1, n]$, компоненты которого соответствуют элементам множества $\overline{\mathbf{T}}$ и могут принимать значение "1" в случае, если соответствующий элемент из $\overline{\mathbf{T}}$ включен в интервал τ , либо значение "0" в противном случае.

Целевая функция определена следующим образом:

$$F(\mathbf{X}) = \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot x_i \ , \tag{3}$$

где c_i – весовое значение соответствующего интервала из $\overline{\mathbf{T}}$. Механизм назначения оценок c_i заключается в следующем:

$$c_i = \begin{cases} c_i = 1 \text{ для } i = 1; \\ c_i = c_{i-1} + 1 \text{ для } \forall i \in [1, n-2] \text{ если } t_i > t_{i-1}; \\ c_i = c_{i-1} \text{ для } \forall i \in [1, n-2] \text{ если } t_i = t_{i-1}. \end{cases}$$

Используемое линейное ограничение имеет вид

$$\sum_{i=1}^{n} t_i \cdot x_i \le \tau \ , \tag{4}$$

который может быть приведен к целочисленному (это всегда можно сделать выбором более мелких единиц измерения интервалов t_i)

$$\sum_{i=1}^{n} t_i \cdot x_i \le t^* + \Delta t \cdot k^* , \tag{5}$$

где t^* – наименьший элемент из $\overline{\mathbf{T}}$, Δt – единичный интервал, значение k^* определяется из эквивалентности правых частей (4) и (5).

Если определить функцию ϕ_k как определяемое на k-м шаге максимальное значение целевой функции (3) на множестве всех допустимых значений вектора $\mathbf{X}$ при заданном ограничении (5), то основное рекуррентное соотношение Беллмана для рассматриваемой задачи запишется в виде

$$\phi_k = \max_{i \in \mathbf{I}_u}(c_i + \phi_u), \quad u = k - t_i / \Delta t, \ \mathbf{I}_u : u \geq -t^* / \Delta t. \tag{6}$$

Алгоритм решения задачи (2) состоит из двух частей, соответствующих прямому рекуррентному и обратному ходу, определяющему вектор **X.**

При этом для $\forall k$ исп ользуется вектор $\boldsymbol{\beta}_k = \{\beta_k^0, \beta_k^1, ...\}$, компонентам которого присваиваются значения оптимальных политик при проверке рекуррентного соотношения (6), а также скаляр α_k, равный количеству запомненных в $\boldsymbol{\beta}_k$ альтернативных политик.

Алгоритм прямого хода

Шаг 1. Положить $k = 0$.

Шаг 2. Снять все метки с элементов $\overline{\mathbf{T}} = \{t_i\}$. Положить $\phi_k = 0$.

Шаг 3. Найти i-й непомеченный элемент из $\{t_i\}$. Если поиск удачен, то пометить его и перейти к *шагу 4*, если нет – *к шагу 10.*

Шаг 4. Вычислить u по формуле из (6) и проверить справедливость неравенства из (6). Если неравенство справедливо, то перейти к *шагу 5*, если нет – *к шагу 3.*

Шаг 5. Если $u < 0 \Rightarrow \phi_u = 0$. Перейти *к шагу 6*.

Шаг 6. Проверить справедливость неравенства $c_i + \phi_u > \phi_k$. Если неравенство справедливо, то перейти к *шагу 7*, если нет – к *шагу 9.*

Шаг 7. Проверить равенство $\beta_u^0 = i$. Если равенство справедливо, то перейти *к шагу 3*. (Выполнение данного шага исключает движение во время обратного хода по пути повторного выбора элементов из $\{t_i\}$ и ухода от оптимального решения, что проиллюстрировано в примере 1.)

Шаг 8. Положить $\phi_k = c_i + \phi_u$, $\beta_k^0 = i$, $\alpha_k = 0$ и перейти к *шагу 3.*

Шаг 9. Проверить справедливость равенства $c_i + \phi_u = \phi_k$. Если равенство справедливо, то положить $\alpha_k = \alpha_k + 1$, $\beta_k^{\alpha_k} = i$. Перейти к *шагу 3.*

Шаг 10. Положить $k = k + 1$. Если $k > k^*$, то закончить, если нет – перейти к *шагу 2*.

Алгоритм обратного хода

Шаг 1. Положить $k = k^*$ и перейти *к шагу 2.*

Шаг 2. Положить $v = 0$ и перейти *к шагу 3.*

Шаг 3. Положить $i = \beta_k^v$ и проверить: если $x_i = 0$, то положить $x_i = 1$ и перейти *к шагу 5,* если нет – перейти *к шагу 4.*

Шаг 4. Положить $v = v + 1$ и проверить: если $v > \alpha_k$, то положить $k = k - 1$ и перейти к *шагу 2*, если нет – перейти к *шагу 3*.

Шаг 5. Вычислить $u = k - t_i / \Delta t$ и проверить, если $u < 0$, то закончить, если нет, то положить $k = u$ и перейти к *шагу 2*.

Работа метода заполнения интервала τ иллюстрируется примером 1 с целью демонстрации отличительных его особенностей.

Пример 1. Необходимо элементами множества $\overline{\mathbf{T}} = \{ 3, 4, 5 \}$ максимально заполнить в соответствии с (2) интервалы $\tau_1 = 10$, $\tau_2 = 8$ и $\tau_3 = 7$.

Весовые значения элементов $\overline{\mathbf{T}}$ определятся как $c_1 = 1$, $c_2 = 2$, $c_3 = 3$, а остальные параметры – $t^* = 3$, $\Delta t = 1$. Результат работы алгоритма прямого хода показан в табл.1.

Таблица 1

Пояснение к работе алгоритма прямого хода

Параметры	**Значение параметров**							
k	0	1	2	3	4	5	6	7
ϕ_k	1	2	3	3	3	4	6	6
$\boldsymbol{\beta}_k$	{1}	{2}	{3}	{3}	{1, 2, 3}	{1, 3}	{2}	{3}

Обратный ход для τ_1 выглядит следующим образом:

– на первой итерации $k = k^* = 7$, $i = \beta_7^1 = 3$ (номер включаемого в интервал τ элемента из $\overline{\mathbf{T}}$);

– на второй итерации $k = u = 7 - (5 / 1) = 2$, $i = \beta_2^1 = 3$ – т.е. идет процесс повторного включения в τ 3-го элемента из $\overline{\mathbf{T}}$,что вполне естественно с точки зрения максимального заполнения τ (согласно (2) $\delta = 10 - (5 + 5) = 0$), но является неприемлемым для решения нашей задачи. Включение в алгоритм проверки $x_i = 0$ в шаге 3 предопределяет пересчет величины k на шаге 4: $k = 2 - 1 = 1$.

– на следующей итерации $k = 1$, $i = \beta_1^1 = 2$.

Таким образом, в интервал τ_1 включены интервалы времени $t_2 = 4$ и $t_3 = 5$.

Применительно к интервалу τ_2 необходимо заметить следующее. Процесс обратного хода начинается с $k = k^* = 5$. Причем, благодаря

включению в алгоритм прямого хода шага 7, в компонентах вектора $\boldsymbol{\beta}_5$ отсутствует значение "2", предопределяющее повторный выбор второго элемента из $\overline{\mathbf{T}}$. Это было бы вполне оправдано для задачи "оптимальной загрузки рюкзака", так как $\delta = 8 - (4 + 4) = 0$. Однако в нашем случае это привело бы к тому, что алгоритм обратного хода сформирует вектор $\mathbf{X} = \{1, 1, 0\}$, который не является оптимальным. В реальности же будет получен вектор $\mathbf{X} = \{1, 0, 1\}$.

Применительно к интервалу τ_3 необходимо заметить, что к правильному результату приводит выбор в качестве i из $\boldsymbol{\beta}_4$ значения "1", а не "3". Это обеспечивается, во-первых, порядком формирования векторов $\boldsymbol{\beta}_k$ при реализации прямого хода и, во-вторых, порядком просмотра компонентов $\boldsymbol{\beta}_k$ на обратном ходе. Выбор значения "3" является тоже правильным с точки зрения задачи "оптимальной загрузки рюкзака", так как суммарный вес решения получается один и тот же. В нашем же случае такое решение не будет оптимальным, то есть соответствовать условию (2).

Ниже приводится алгоритм решения основной задачи структурной оптимизации.

Алгоритм структурной оптимизации

Шаг 1. Вычислить интервал τ по формуле

$$\tau = \begin{cases} \left[\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i\right], \text{ если } \left\{\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i\right\} = 0 \\ \left[\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i\right] + 1, \text{ если } \left\{\frac{1}{r}\sum_{i=1}^{n} t_i\right\} \neq 0 \end{cases} \qquad (7)$$

и перейти к *шагу 2.*

Шаг 2. Положить $w = 1$ (w – номер позиции технологического оборудования) и перейти к *шагу 3*.

Шаг 3. Сформировать множества $\overline{\mathbf{T}}$ и $\{c_i\}$, рассчитать параметры t^*, Δt, k^* и перейти к *шагу 4а.*

Шаг 4а. Заполнить с помощью алгоритмов прямого и обратного хода интервал τ и проверить на допустимость (механизм проверки объясняется ниже после описания алгоритма) технологические переходы, соответствующие временным интервалам из $\overline{\mathbf{T}}$, отмеченные вектором $\mathbf{X}$. Если недопустимых переходов нет – перейти к *шагу 4б*, если есть – удалить из $\mathbf{T}$ временные интервалы, соответствующие этим

переходам, поместив их во временное множество **Q** , и перейти к *шагу 3.*

Шаг 4б. Закрепить за *w*-й технологической позицией отмеченные вектором **X** временные интервалы из $\overline{\mathbf{T}}$, удалить эти интервалы из **T**, переместить обратно из временного множества **Q** все элементы в **T** и перейти к *шагу 5.*

Шаг 5. Проверить, является ли множество **T** пустым: если да – перейти к *шагу 6*, если нет – положить $w = w + 1$ и перейти к *шагу 3.*

Шаг 6. Проверить справедливость равенства $w = r$. Если равенство справедливо, то закончить, если нет – положить (интервал $\Delta\tau$ выбирается как $\Delta\tau = \Delta t$) $\tau = \tau + \Delta\tau$, w = 1, восстановить множество T и перейти к шагу 3.

Проверка на допустимость технологических переходов состоит из двух этапов.

На первом этапе проверяется допустимость реализации перехода $p_i \in \mathbf{P}$ на рассматриваемой позиции технологического оборудования. Для этого на начальном этапе до выполнения оптимизации формируется матрица $\mathbf{A} \equiv [a_{ij}]$ размерностью $n \times r$. Если технологический переход p_i может выполняться на *j*-й технологической позиции, то элемент a_{ij} матрицы **A** принимает значение 1, в противном случае – 0. Таким образом допустимость перехода p_i сводится к проверке равенства $a_{iw} = 1$.

На втором этапе проверяется возможное условие необходимости предшествования технологическому переходу $p_i \in \mathbf{P}$ другого перехода из рассматриваемого множества **P**. Для этого на начальном этапе до выполнения оптимизации формируется матрица $\mathbf{B} \equiv [b_{ij}]$ размерностью $n \times n$. Каждая *i*-я строка матрицы соответствует переходу p_i, элементы которой принимают значения 0 или 1. Если данному переходу в обязательном порядке должно предшествовать выполнение перехода под номером *j*, то элемент b_{ij} данной строки матрицы **B** принимает значение 1, в противном случае – 0. В результате проверки технологический переход является не допустимым если $\exists j \in [1, n]$, для которого истинно выражение $(b_{ij} = 1) \wedge ((t_j \in \mathbf{T}) \wedge (x_j = 0))$.

Работа данного алгоритма проиллюстрирована примером 2.

Пример 2. Требуется распределить пять технологических переходов между двумя технологическими позициями ($r = 2$). Вектор

$\overline{\mathbf{T}}$, определяемый временами выполнения данных переходов, равен $\overline{\mathbf{T}}$ = {3, 3, 4, 5, 5}.

Интервал τ рассчитывается как $\tau = (3+3+4+5+5) / 2 = 10$.

Работа алгоритма прямого хода при заполнении первой технологической позиции сведена в табл. 2.

Таблица 2

Пояснение к работе алгоритма прямого хода для первой технологической позиции

Параметры	**Значение параметров**			
k	0	1	2	3
φ_k	1	2	3	3
$\boldsymbol{\beta}_k$	{1, 2}	{3}	{4, 5}	{4, 5}
k	4	5	6	7
φ_k	3	4	5	6
$\boldsymbol{\beta}_k$	{1, 2, 3, 4, 5}	{1, 2 , 4, 5}	{3, 4, 5}	{4, 5}

При обратном ходе формируется вектор $\mathbf{X}$ = {0, 0, 0, 1, 1}.

При заполнении второй технологической позиции используется вектор $\overline{\mathbf{T}}$ = {3, 3, 4}. Работа алгоритма прямого хода при этом сведена в табл. 3.

Таблица 3

Пояснение к работе алгоритма прямого хода для второй технологической позиции

Параметры	**Значение параметров**			
k	0	1	2	3
φ_k	1	2	2	2
$\boldsymbol{\beta}_k$	{1, 2}	{3}	{3}	{1, 2, 3}
k	4	5	6	7
φ_k	3	4	4	4
$\boldsymbol{\beta}_k$	{1, 2, 3}	{1, 2, 3}	{3}	{1, 2, 3}

При обратном ходе формируется вектор $\mathbf{X}$ = {1, 1, 1}.

Заключение

Описанный метод оптимизации реализует структурное распределение технологических переходов между позициями автоматического технологического оборудования, обеспечивая синхронизации основного времени и, тем самым, повышая технологическую производительность на 10 – 15%.

Кроме этого формализация процедуры формирования структуры технологической операции на таком оборудовании повышает уровень автоматизации процесса проектирования средствами САПР ТП.

В целом полученные результаты способствуют повышению конкурентоспособности наукоемких изделий в области машиностроения.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50.1.027-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Автоматизированный обмен технической информацией. Основные положения и общие требования. – Введен 2002-07-01.– М: Стандартинформ, 2016. – 36с.

2. Повышение эффективности функционирования САПР на основе разработки методологии информационной поддержки жизненного цикла наукоемких изделий / В. Б. Кондусова [и др.] // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2020. – №2. – С. 16-20.

3. Анфёров, М. А. Генетический алгоритм структуризации технологических операций / М. А. Анфёров // Матер. XIV междунар. научно-метод. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии», г. Воронеж, 6-7 февраля 2014г.– сб. тр. в 3 т., Т. 3. – Воронеж: ВГУ, 2014.– С.82–85.

4. Беллман, Р. Прикладные задачи динамического программирования / Р. Беллман, С. Дрейфус. – М.: Наука, 1965. – 380 с.

Применение математической модели для прогноза состояния больных с послеоперационными грыжами живота

Д. В. Арапов, email: arapovdv@gmail.com [1]
С. А. Скоробогатов, email: stanislav.magic@mail.ru [2]
Е. Ф. Чередников, email: facult-surg.vsmuburdenko@yandex.ru [2]
Г. В. Полубкова, email: facult_surg@vsmaburdenko.ru [2]
В. А. Курицын, email: vakuricin@gmail.com [3]

[1] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
[2] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»
[3] ЗАО «Инженерные системы автоматизации», г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматривается разработка комплекса алгебраических моделей для прогнозирования послеоперационного состояния пациентов с срединными вправимыми грыжами живота разных размеров и различной операционной пластикой.*

Ключевые слова: *срединные вправимые грыжи живота, послеоперационное состояние пациента, математическая модель.*

Введение

Проблема лечения грыж передней брюшной стенки живота до настоящего времени актуальна, так как оперативные вмешательства по поводу послеоперационных срединных грыж живота реализуются сравнительно часто [1-5]. Эти операции достаточно сложны и опасны: примерно каждая четвертая из их сопровождается осложнением и, в среднем, 4% операций имеют летальный исход [6]. Практически у половины пациентов пожилого и старческого возраста возникают рецидивы при пластике собственными тканями [7,8]. В этой связи широко используется «не натяжная» методика протезирования брюшной стенки с использованием сетчатых протезов при лечении послеоперационных срединных грыж [9-12]. Но, и при использовании синтети-ческих эндопротезов, частота рецидивов довольно высокая и достигает 30 % и более [13]. В последние годы стали активно внедряться сепарационные методики с установкой сеток больших размеров [14-16], однако, недостатком этих операций является их достаточно высокая продолжительность и травматичность, не

© Арапов Д. В., Скоробогатов С. А., Чередников Е. Ф., Полубкова Г. В., Курицын В. А., 2021

изученность отдаленных последствий. Очевидно, оптимальным вариантом хирургического лечения послеоперационных срединных грыж является пластика собственными тканями, которая, однако, часто сопровождается резким повышением внутрибрюшного давления из-за погружения грыжевого содержимого в брюшную полость и сведения грыжевых ворот. Поэтому, в целях безопасности пациентов операционное вмешательство должно сопровождаться контролем величины и динамики изменения внутрибрюшного давления [17]. Чаще всего внутрибрюшное давление оценивают по давлению в мочевом пузыре с использованием трансуретрального катетера [6]. Недостатком этого метода является его инвазивность, плохая переносимость и частые осложнения. Более перспективной является не инвазивная методика опосредованной оценки изменений внутрибрюшного давления путем измерения сатурации крови кислородом на различных этапах лечения пациентов [5, 18, 19]. Важным моментом в лечении больных с послеоперационными вентральными грыжами является восстановление функции мышц брюшной стенки после герниопластики [5, 19]. Общим недостатком известных публикаций является то, что в них применена только общепринятая описательная статистическая обработка экспериментальных данных с использованием критериев Вилкоксона, Манна-Уитни. Задача разработки математических зависимостей для прогнозирования послеоперационного состояния больных в них не ставилась и не рассматривалась, в то время как математическое моделирование является мощным средством для прогнозирования поведения различных объектов, например [20-22].

В задачи исследования входила разработка на основе методов нелинейного программирования оригинальных математических моделей (ММ), позволяющих выбрать метод лечения и с высокой точностью прогнозировать послеоперационное состояние пациентов с срединными послеоперационными грыжами разных размеров – от малых до больших.

1. Материалы и методы

Вычислительные эксперименты проводились в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» на кафедре высшей математики и информационных технологий. Обработка экспериментальных данных реализована с помощью методов нелинейного и линейного программирования.

Экспериментальное исследование выполнено на базе БУЗ ВО «Воронежская городская клиническая больница №1», БУЗ ВО «Воронежская городская клиническая больница скорой медицинской помощи №10» и научно – исследовательского института герниологии

им. проф. Любых Е.Н. «Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России у 55 пациентов. Определены три основные группы пациентов в зависимости от ширины грыжевых ворот и размеров грыжи: 1) 16 человек (29.1 %) были с грыжами малого размера и имели ширину грыжевых ворот до 5 см; 2) 20 больных (36,4 %) имели грыжи среднего размера и ширину ворот от 5 до 9 см; 3) у 19 пациентов (34,5 %) зарегистрированы грыжи обширного и гигантского размера (ширина грыжевых ворот от 10 до 16 см). Больные имели разный возраст и пол, которые при разработке ММ не учитывались.

Внутрибрюшное давление оценивалось по сатурации крови кислородом [18, 19]. Для этого использовали пульсоксиметры «Армед», Bitmos Sat 816» и ОП-31.1 «Тритон Т-31». Значимых отличий в определении значений сатурации данными приборами не выявили. Величину сатурации крови определяли: 1) до операции в состоянии покоя и при физическом моделировании послеоперационной ситуации, включающем погружение посредством пелота в брюшную полость больного грыжевого содержимого с одновременным утягиванием живота и сближением бандажом грыжевых ворот. Фиксировалось снижение сатурации крови кислородом; 2) после операции в 1-е, 2-е и 7-е сутки.

Для оценки функционального состояния мышц передней брюшной стенки живота (общая электрическая активность и степень утомляемости мышц) проводили электромиографию до операции и спустя полгода после операции. Для этой цели использовали электромиограф Нейрософт «Нейро-МВП».

2. Результаты и их обсуждение

1. Математическое моделирование зависимости сатурации спустя 1 сутки после операции от дооперационных показателей больного:

1) Модель для грыж малых размеров (выбранный способ пластики – «по Сапежко»):

$$\begin{aligned} S_1 = {} & a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^3 \exp\left(-0,025 \cdot S^M\right) + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + \\ & + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + \\ & + a_6 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right)^{a_7} + a_8 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right)^{a_9}, \end{aligned} \quad (1)$$

где S_1 - сатурация крови больного через одни сутки после операции, %; S^0 - сатурация крови больного перед операцией в спокойном состоянии,

%; S^M - сатурация крови больного после имитации операции при физическом моделировании, %; A^0, U^0 - соответственно общая электрическая активность мышц живота и степень их утомляемости перед операцией в спокойном состоянии.

2) Модель для грыж средних размеров (выбранный способ пластики – «иммобилизация операционной раны» ИОР):

$$S_1 = a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^8 \exp\left(-0,28 \cdot S^M\right) + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + \\ + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + \\ + a_6 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right)^{a_7} + a_8 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right)^{a_9}. \quad (2)$$

3) Модель для грыж средних размеров (выбранный способ пластики – «ИОР с укреплением») и для грыж больших размеров (способ пластики – «двухэтапный»):

$$S_1 = a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^{11} \exp\left(-0,3 \cdot S^M\right) + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + \\ + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + \\ + a_6 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right)^{a_7} + a_8 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right)^{a_9}. \quad (3)$$

4) Модель для обширных грыж (выбранный способ пластики – «задняя сепарация»):

$$S_1 = a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^{11} \exp\left(-0,3 \cdot S^M\right) + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M. \quad (4)$$

5) Формула для обширных грыж (выбранный способ пластики – «протезирование»):

$$S_1 = a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^{10} \exp\left(-0,28 \cdot S^M\right) + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + \\ + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + \\ + a_6 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right)^2. \quad (5)$$

Таким образом, получена зависимость послеоперационной сатурации от дооперационных показателей больного для малых, средних и больших грыж. Погрешность ее моделирования составляет не более ±0,2 %.

2. Моделирование сатурации крови на вторые и седьмые сутки после операции:

$$S_{2,7} = b_1 + b_2 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right) +$$
$$+b_3 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0\right) \cdot \exp\left(-b_4 \cdot \tau\right) +$$
$$+b_5 \cdot S^M \cdot \ln A^0 / U^0 + b_6 \cdot \left(S_1 - S^M\right) + b_7 \cdot \ln U^0 / \ln A^0, \quad (6)$$

где S_2 и S_7 – соответственно сатурация крови больного на 2 –е и 7 –е сутки после операции.

Средняя ошибка моделирования составляет ±0,1%.

3. Моделирование утомляемости и электрической активности мышц живота больного через полгода после операции:

$$U_{0,5} = U^0 + c_1 \cdot S_7 + c_2 \cdot S_7^2 + c_3 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 +$$
$$+c_4 \cdot \left(S^0 - S^M\right) + c_5 \cdot \left(S_7 - S^M\right)^2; \quad (7)$$

$$A_{0,5} = A^0 + d_1 \cdot S_7 + d_2 \cdot S_7^2 + d_3 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 +$$
$$+d_4 \cdot \left(S^0 - S^M\right) + d_5 \cdot \left(S_7 - S^M\right)^2, \quad (8)$$

где $U_{0,5}$ и $A_{0,5}$ – соответственно утомляемость мышц живота и их общая электрическая активность через 0,5 года после операции. Погрешность моделирования этих свойств составляет в среднем ±2-3 %.

Заключение

Проведено экспериментальное исследование и математическое моделирование основных послеоперационных показателей больных с срединными вправимыми грыжами живота. Разработан комплекс математических моделей (1) – (8), позволяющих при выбранном методе хирургического вмешательства прогнозировать с достаточной точностью послеоперационное состояние больного. Регрессионные коэффициенты $\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}, \mathbf{d}$ получены для каждого вида модели (1) – (8).

Список литературы

1. Черных, А.В. Возможности определения размеров сетчатого протеза на дооперационном этапе пахового грыжосечения / А. В. Черных, Е. И. Закурдаев, Е. Ф. Чередников // Новости хирургии. – 2016. – Т. 23. – №6. – С. 619-623.

2. Оценка результатов лапароскопической трансабдоминальной преперитонеальной пластики в лечении пациентов с паховыми грыжами / Г.В. Полубкова [и др.] // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2016. – №65. – С. 10 – 13.

3. Опыт применения топографически и анатомически обоснованных, функционально-ориентированных способов пластики паховых грыж / О.В. Стрыгин [и др.] // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2016. – №65. – С. 14 – 19.

4. Гогия, Б.Ш. Первичное закрытие лапаротомной раны сетчатым эндопротезом с целью предупреждения возникновения послеоперационных грыжи / Б.И. Гогия // Материалы VII Всероссийской конференции общих хирургов. – Красноярск, 2012. – С. 876.

5. Выбор способа хирургического лечения пациентов с послеоперационными срединными вправимыми грыжами на основе не инвазивной оценки внутрибрюшного давления / Е.Ф. Чередников [и др.] // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2017. – Т.10. – №2. – С. 103 – 110.

6. Синдром абдоминальной гипертензии: состояние проблемы / Б.Р. Гельфанд [и др.] // Медицинский алфавит. Неотложная медицина. – 2010. – № 3. – С. 34-42.

7. Berger, D. Operative therapie der narbenherni technische prinzipien / D. Berger, A. Lux // Chirurg. – 2013. – Vol. 84. – P. 1001–1011.

8. Hanna, M. Mesh ingrowth with concomitant bacterial infection resulting in inability to explant: a failure of mesh salvage [Text] / M. Hanna, S. Dissanaike // Hernia. – 2015. – Vol. 2. – P. 339 – 344.

9. Передняя протезирующая герниопластика комбинированным способом при больших и гигантских вентральных грыжах / В.И. Белоконев [и др.] // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2018; (5). – С. 45-50. – https://doi.org/10.17116/hirurgia2018545-50.

10. Экспериментально-клиническое изучение нового способа уменьшения внутрибрюшного давления при протезирующей герниопластике Sublay по поводу срединных послеоперационных грыж / А.В. Черных [и др.] // Оперативная хирургия и клиническая анатомия. 2017; 1(1). – С. 37 – 43. https://doi.org/10.17116/operhirurg20171137-43.

11. Лечение сложных послеоперационных вентральных грыж / А.М. Лембас [и др.] // Тезисы докладов; IV Всероссийский съезд гернитологов «Актуальные вопросы гернитологии 2019» 01 – 02 ноября 2019 г., г. Москва. – М.: Всероссийское общество гернитологов, 2019. – С. 69-71.

12. Применение самофиксирующихся имплантантов в хирургическом лечении вентральных грыж / М.Н. Навид [и др.] // Тезисы докладов; IV Всероссийский съезд гернитологов «Актуальные вопросы гернитологии 2019» 01 – 02 ноября 2019 г., г. Москва. – М.: Всероссийское общество гернитологов, 2019. – С. 75 – 77.

13. Гогия, Б.Ш. Первичное закрытие лапаротомной раны сетчатым эндопротезом с целью предупреждения возникновения послеоперационной грыжи / Б.Ш. Гогия // Материалы VII Всероссийской конференции общих хирургов. Красноярск, 2012. С. 876.

14. Горский, В.А. Сравнительное исследование непосредственных и отдаленных результатов интраперитонеальной и сепарационных герниопластик у больных с вентральными грыжами / В.А. Горский, А.С. Сивков, Б.Е. Титов // Тезисы докладов; IV Всероссийский съезд герниологов «Актуальные вопросы герниологии 2019» 01 – 02 ноября 2019 г., г. Москва. – М.: Всероссийское общество герниологов, 2019. – С. 39 – 41.

15. Горский, В.А. Вариант применения коллагеновой пластины при вентральных грыжах / В.А. Горский, А.С. Сивков, М.Д. Поливода // Практическая медицина. – 2016. -№ 5 (97). – С. 67 – 72.

16. Магомедов, М.М. Опыт использования задней сепарационной пластики при послеоперационных вентральных грыжах / М.М. Магомедов, М.А. Халидов, М.А. Магомедов // Тезисы докладов; IV Всероссийский съезд герниологов «Актуальные вопросы герниологии 2019» 01 – 02 ноября 2019 г., г. Москва. – М.: Всероссийское общество герниологов, 2019. – С. 71 – 72.

17. Шаповальянц, С.Г. Выбор способа сепарационной пластики при больших вентральных грыжах / С.Г. Шаповальянц, А.И. Михалев, А.Г. Паньков // Тезисы докладов; IV Всероссийский съезд герниологов «Актуальные вопросы герниологии 2019» 01 – 02 ноября 2019 г., г. Москва. – М.: Всероссийское общество герниологов, 2019. – С. 148-150.

18. Malbrain M. Intra-abdominal hypertension: definition, monitoring, interpretation and management // Best. Pract. Res. Clin. Anaesthesiol. – 2013. – Vol. 27 (2). – P. 249–270.

19. Способ оценки внутрибрюшного давления у пациентов с грыжами живота [Текст]: пат. №2575336 Российская Федерация: МПК A 61 B 5/107, A 61 B5/145. / С.А. Скоробогатов, Е.И. Баскаков, Е.Н. Любых; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. мед. университет им. Н.Н. Бурденко. – № 201415475/14; заявл. 31.12.2014; опубл. 20.02.2016, Бюл. №5.

20. Результаты применения не инвазивной оценки внутрибрюшного давления при хирургическом лечении пациентов с послеоперационными срединными вправимыми грыжами / Е. Ф. Чередников [и др.] // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2017. – Т.16. – № 2. – С. 328 – 334.

21. Kuritsyn, V.A. Optimization of circulation water cooling process in forced draft towers / V.A. Kuritsyn, D.V. Arapov, R.L. Gorilchenko // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2012. – V.48. – №2. – P. 97-108.

22. Arapov, D.V. Software-algorithmic complex for the synthesis of catalyst of ethylene acetoxylation process / D.V. Arapov, O.V. Karmanova, S.G. Tikhomirov, V.V. Denisenko // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Survey37 ing Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. 2017. – P. 587-594.

23. Петров, С.М. Вероятностная модель включения несахаров в растущие кристаллы сахара / С.М. Петров, Д.В. Арапов, В.А. Курицын // Сахар. –2011. – № 8. – С. 34-38.

Модель принятия решений на работы персонала в жарких погодно-климатических условиях

В. С. Балакин, email: balakin69vs@gmail.com
Ю. В. Шипко, email: yshipko@mail.ru
О. В. Колычев, email: ok.work@mail.ru

ЦНИИ ВВС (Минобороны России)

Аннотация. *Рассматривается модель альтернативной оценки безопасности работ персонала на открытой местности в условиях жаркого климата, где учитываются основные параметры теплового стресса и заданный технологический период. Разработан программный комплекс автоматизированного расчета специализированного биометеорологического показателя.*

Ключевые слова: *биометеорологический показатель, тепловой стресс, технологический период, функция Харрингтона.*

Введение

Определенные виды технологических процессов и мероприятий производственной деятельности проходят на открытой местности в условиях жаркого климата. При этом часто необходимо выдерживать заданный технологический временной интервал работ. В таких условиях работают военнослужащие, сотрудники МВД, служб МЧС и другой персонал. Например, подвержены тепловому влиянию военнослужащие во время подготовки (обслуживания) вооружения, военной и специальной техники в условиях высокой температуры окружающего воздуха. Физическая нагрузка персонала при работе на открытом солнце имеет ограничения, поскольку связана с риском для здоровья, тепловыми травмами [1-3].

В практике метеорологического обеспечения различных потребителей для оценки влияния условий внешней среды на организм человека используются биометеорологические показатели (индексы), в число которых входят и тепловые индексы, которые нашли применение в климатологии, курортологии, отраслях экономики [4]. Индексы «теплового стресса» учитывают комплекс основных факторов [5, 6] теплового воздействия: температуру и влажность окружающего воздуха, среднюю радиационную температуру, движение воздуха, суммарную метаболическую теплоту, выделяемую телом, физические особенности одежды. Большинство тепловых индексов оценивают или степень

© Балакин В. С., Шипко Ю. В., Колычев О. В., 2021

комфортности климатических условий, или эргономические свойства рабочих мест в помещении [7], или предполагают биометрические измерения в процессе работы персонала [8]. Таким образом, существующие в настоящее время тепловые индексы (в том числе – теплового стресса) не отвечают требованиям метеорологического обеспечения военного потребителя, малоинформативны для поддержки принятия решений органами управления при планировании мероприятий, подготовке техники, проведении регламентных и других работ на открытой местности в условиях повышенных температур.

1. Модель специализированного биометеорологического показателя

Модель специализированного биометеорологического показателя (военного назначения) оценки безопасности работ персонала на открытой местности в жарких погодно-климатических условиях строится как обобщенная функция желательности Харрингтона [9]. Используются частные показатели y_j, $j = 1,2,3$, оценивающие условия работы персонала в разных аспектах: y_1 – состояния человека при умеренной физической нагрузке (индекс приведенной температуры) [10]; y_2 – теплоощущений (индекс эффективной температуры) [11]; y_3 – опасности условий жаркой среды [12]. Тогда зависимость специализированного биометеорологического показателя D от частных показателей y_j имеет вид [13]:

$$D = \exp\{-\frac{1}{3}[\exp(-b_{01} - b_{11}y_1) + \exp(-b_{02} - b_{12}y_2) + \exp(-b_{03} - b_{13}y_3)]\}, \quad (1)$$

(2)

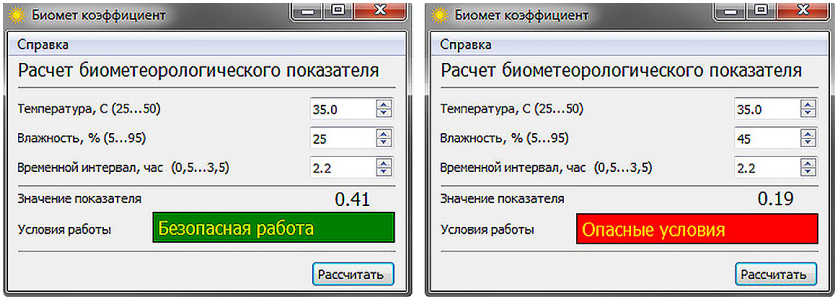
где коэффициенты b_{0j}, b_{1j} $(j = 1,2,3)$ определяются с учетом технологического периода τ решением системы уравнений при задании для двух значений y_j соответствующих значений частных функций желательности $d(y'_j) = \exp(-\exp(-y'_j))$ (по Харрингтону) при $d(y'_j) = 0,37$ и $d(y'_j) = 0,63$ (где y'_j – кодированное значение признака, используется линейная зависимость $y'_j = b_{0j} + b_{1j}\, y_j$).

Входные параметры модели (температура t, °C, и относительная влажность воздуха R_H, %, технологический период τ, ч) являются предикторами частных показателей y_j, $j = 1,2,3$.

Расчетное значение специализированного показателя (1) сравнивается с уровнем 0,37 (границей между условиями «удовлетворительно» и «плохо» – по Харрингтону [9]). Формулируется вывод: $D \le 0,37$ – опасные условия работы персонала, $D > 0,37$ – безопасные условия работы персонала. В зависимости от параметров t, R_H, τ составлены номограммы определения значения биометеорологического показателя D [13].

2. Автоматизированный расчет специализированного биометеорологического показателя

Учитывая сложность практического использования выражения (1), разработан программный комплекс автоматизированного расчета величины специализированного показателя D по входным параметрам [14] (рис. 1).



а б

а – условия работ безопасные, б – условия работ опасные

Рис. 1. Отображение интерфейса автоматизированного расчета специализированного показателя

Как показано на рис. 1, результатом работы программных модулей является представление альтернативной формулировки для поддержки принятия решения: «безопасная работа», «опасные условия».

В таком виде автоматизированный расчет специализированного показателя D проводится для конкретного района работ, при вводе прогностических или климатических значений температуры и влажности окружающего воздуха (климатические данные используются для долгосрочного планирования мероприятий).

Разработанный программный комплекс позволяет представить распределение специализированного биометеорологического показателя по требуемым регионам.

3. Пространственные распределения показателя

В качестве исходной информации использовался материал резервного объективного анализа (реанализа) параметров атмосферы NCEP/DOE AMIP-II [15].

Для поддержки принятия решений на проведение работ на открытой местности в жарких погодно-климатических условиях можно представлять распределение показателя D в различной форме.

По входным значениям – сочетаниям среднемесячных значений температуры и влажности воздуха в узлах регулярной сетки, построены карты распределения среднего значения специализированного показателя (рис. 2, где дан пример для августа 1999–2018 гг., технологического периода 3 ч).

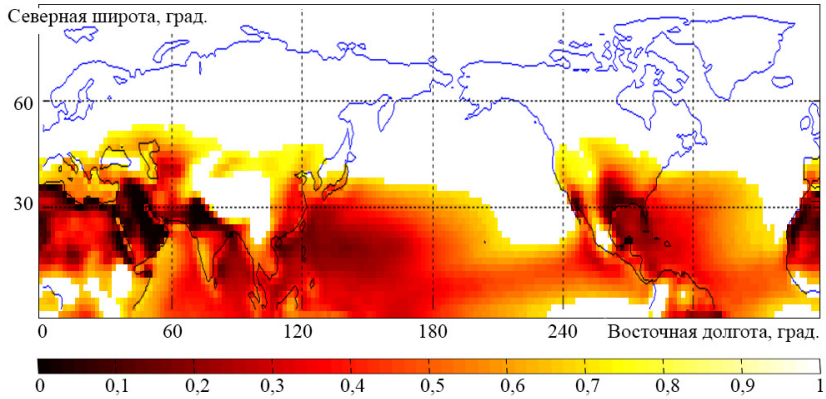


Рис. 2. Пространственное распределение по северному полушарию среднего показателя (август, 1999–2018 гг., технологический период 3 ч)

Как показано на рис. 2, распределение биометеорологического показателя на карте отображается в тоновом режиме (при изменении показателя в диапазоне $0 < D < 1$). Такая форма представления показателя позволяет руководителю работ при планировании мероприятий делать некоторую «уступку» ΔD от критического значения $D = 0,37$.

Распределение среднего значения показателя может быть представлено и в виде изолиний (рис. 3).

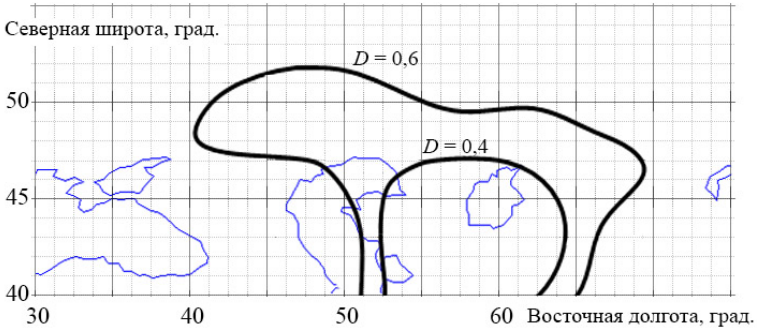


Рис. 3. Распределение среднего показателя по южной части территории России (июль, 1999–2018 гг., технологический период 3 ч)

Как показано на рис. 3, на южной части Европейской территории России средние (за летний месяц) значения биометеорологического показателя безопасности работ на открытом воздухе не превышают критического значения (0,37). Но это среднемесячные значения. В отдельные дни летнего сезона картина распределения «опасных» (с точки зрения биометеорологической безопасности) метеорологических условий может быть иной.

Например, на рис. 4, 5 представлено распределение сочетаний температуры и влажности воздуха с отметкой условий рассчитанной оценки биометеорологической опасности работ на станциях Астрахань (рис. 4) и Сочи (рис. 5) (по данным наблюдений Росгидромета за июль 1999–2018 гг., сроки 13, 16, 19 ч местного времени, $D \le 0,37$ – опасные условия работы персонала, технологический период 3 часа).

Как показал анализ температурно-влажностного режима на рассматриваемых станциях (за 1999–2018 гг.), повторяемость условий в июле в дневные сроки (при температуре воздуха выше 25,5 ^{o}C), когда $D \le 0,37$ – хуже «удовлетворительных», для технологического периода 3 часа, составляет: Астрахань ~33 %, Сочи ~23 %.

Информативным для поддержки принятия решений представляется отображение распределения в виде зон опасной работы персонала в жарких погодно-климатических условиях. На рис. 6 представлены на карте Африки и Ближнего Востока зоны опасной работы персонала при технологических периодах 1, 2, 3 ч для конкретного дня (для примера даны условия 15 июля 2019 года).

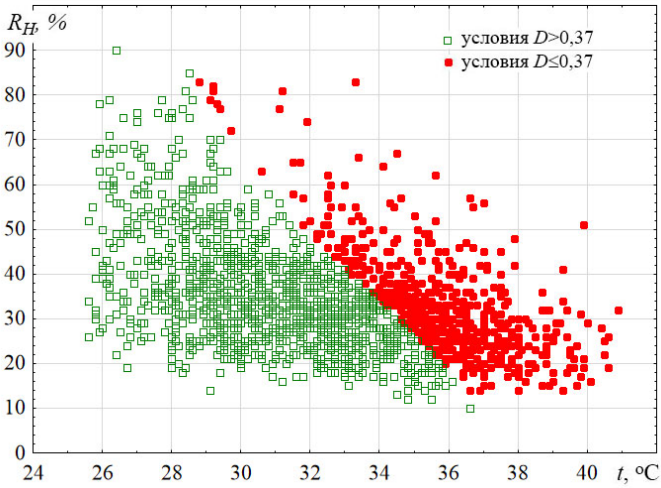


Рис. 4. Распределение сочетаний температуры и влажности воздуха на ст. Астрахань (июль 1999–2018 гг., сроки 13, 16, 19 ч местного времени; отмечены условия оценки показателя)

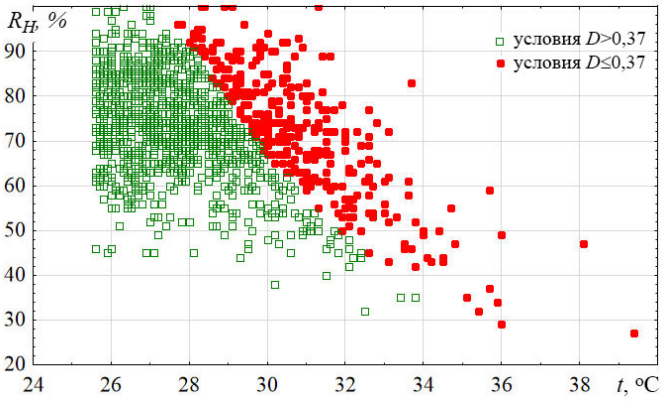


Рис. 5. Распределение сочетаний температуры и влажности воздуха на ст. Сочи (июль 1999–2018 гг., сроки 13, 16, 19 ч местного времени; отмечены условия оценки показателя)

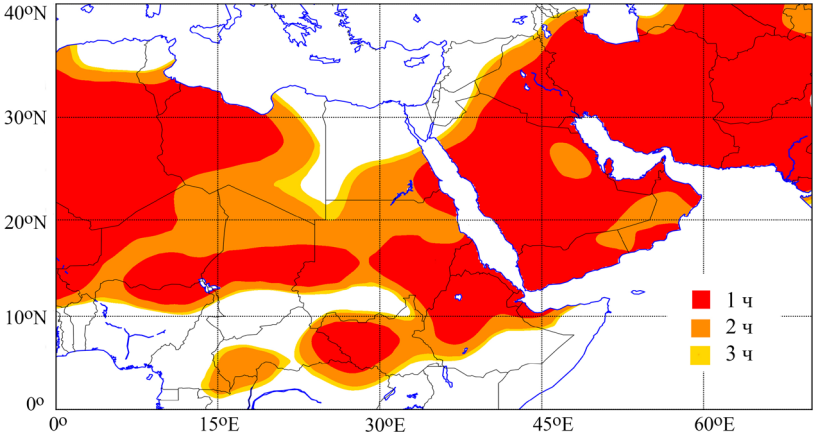


Рис. 6. Отображение на карте зон опасной работы персонала при различных технологических периодах (15 июля 2019 г., 12–18 ч)

Картографическая информация по специализированному биометеорологическому показателю может использоваться на разных уровнях управления при планировании мероприятий оперативной подготовки и повседневной жизнедеятельности войск. Визуализация получаемых в автоматизированном режиме значений показателя, как показано на рис. 6, целесообразна в виде слоев прогностической информации цифрового картографического документа (с возможностью отображения других слоев) для использования на рабочем месте руководителя, принимающего решение.

Заключение

Опыт проживания в регионах с жарким климатом позволил разработать достаточно стройную систему профилактических мер, позволяющих свести к минимуму пребывание на открытом воздухе в наиболее жаркое время суток. Широко используются технические средства, уменьшающие внешнюю тепловую нагрузку (козырьки, тенты и т. п.), перерывы в работе, использование активных систем поддержания микроклимата в помещениях и на объектах техники.

Однако специфика труда военнослужащих и персонала отдельных служб и производств на открытой местности часто вносит серьезные ограничения в использование этих средств, способов и методов. Именно в этих ситуациях возрастает роль технических средств контроля и информационной поддержки персонала.

В данной работе представлена новая модель специализированного показателя безопасности работ персонала в жарких погодно-климатических условиях (летнего сезона), отвечающая требованиям моделей принятия метеозависимых решений, планирования мероприятий, учитывающая временные рамки подготовки (обслуживания) техники и метеорологические условия.

Список литературы

1. Ажаев, А. Н., Влияние высокой температуры окружающей среды на работоспособность человека/ А. Н. Ажаев, З. И. Зориле, А. Н. Кольцов// Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1980. – № 2. – С. 35–39.
2. Павлова, Т. В. Тепловая травма: патоморфологические и клинические аспекты/ Т. В. Павлова, С. А. Сумин, К. Г. Шаповалов. – М.: Медицинское информационное агентство, 2013. – 216 с.
3. Пиголкин, Ю. И. Судебная медицина: учебник/ Ю. И. Пиголкин, И. А. Дубровин, П. О. Ромодановский. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 496 с.
4. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики/ Под ред. Н. В. Кобышевой. – СПб.: ЦНИТ «АСТЕРИОН», 2008. – 336 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский.. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
10. 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

11. Головина, Е. Г. Методика расчетов биометеорологических параметров (индексов)/ Е. Г. Головина, М. А. Трубина. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1997. – 76 с.

12. National Weather Service: Weather Prediction Center: The Heat Index Equation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/ heat-index_equation.shtml

13. Шипко, Ю.В. Обобщенный биометеорологический показатель безопасности работ на открытой местности в жарком климате/ Ю. В. Шипко, В. С. Балакин, Е. В. Шувакин // Информатика: проблемы, методы, технологии: сб. материалов XX Международной научно-методической конференции, Воронежский государственный университет, 13–14 февраля 2020 г. – Воронеж: Изд-во «Научно-исследовательских публикаций», 2020. – С. 1529-1536.

14. Автоматизированный расчет специализированного биометеорологического показателя оценки безопасности работ персонала в жарком климате [Текст]: Свидетельство гос. регистрации программы для ЭВМ № 2020663116/ В.С. Балакин, Ю.В. Шипко, О.В. Колычев. – Зарегистр. 22 октября 2020 г.

15. Physical Sciences Laboratory: NCEP/DOE AMIP II Reanalysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html

Подходы к моделированию системы радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов в условиях помех

Р. А. Баранов, email: rombank20@bk.ru
М. Ю. Пресняков, email: presnkov@mail.ru
А. В. Рябов, email: rbav@list.ru

Военный учебно-научный центр «Военно-воздушная академия» им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина

Аннотация. *В данный статье рассмотрены подходы к применению математического моделирования в процессе построения ведомственных систем радиосвязи, с применением параллельной ретрансляции сигналов от источника информации к получателю, реализующие сложение в точке приема сигналов от ретранслятор, которые параллельно излучают пакеты сообщений. Моделирование данной системы позволяет выбрать оптимальное количество ретрансляторов, в зависимости от требуемого уровня разведзащищенности и помехоустойчивости на данном информационном направлении.*

Ключевые слова: *ведомственная система связи, радиосвязь, параллельная ретрансляция, помехи, виртуальная диаграмма направленности, синхронизация передатчиков, адаптивного управление мощностью, энергетическая доступность, разведзащищенность, помехоустойчивость.*

Введение

Подходы к моделированию системы радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов в условиях помех реализованы следующим образом. На местности необходимо создать антенную систему, состоящую из определенного количества ретрансляторов обеспечивающих в точке приема заданные характеристики мощности сигналов и диаграммы направленности (ДН) виртуальной фазированной антенной решетки (ФАР).

Для определения минимально достаточного набора ретрансляторов и параметров их работы необходимо производить постоянное моделирование всей ведомственной системы связи реализующей метод параллельной ретрансляции сигналов.

© Баранов Р. А., Пресняков М. Ю., Рябов А. В., 2021

1. Стили оформления

Представим в рамках структурной адаптации виртуальной антенной решетки с распределенными на некоторой территории излучающими элементами (передатчиками) Поскольку антенной решеткой является совокупность излучающих элементов, расположенных в пространстве определенным образом и возбуждаемых одним или совокупностью когерентных источников [1], то расположенные определенным образом в пространстве отдельные передатчики со своими антенными системами также могут являться отдельными излучающими элементами антенной решетки при условии запитки их от одного источника сообщения [1].

Таким образом, адаптивное управление формой диаграммы направленности антенной системы, а, следовательно, ее коэффициентом усиления, может быть реализовано на основе пространственного сложения мощности нескольких передатчиков, объединяемых для параллельной ретрансляции сигналов между источником и получателем сообщений в АФАР с пространственно распределенными элементами.

Рассмотрим сеть радиосвязи, состоящую из узла отправителя сообщения, узла получателя сообщения и N-узлов-ретрансляторов (радиостанций). При этом отправитель сообщения и получатель сообщения так же могут выполнять функции ретрансляторов.

В общем случае узел отправителя сообщения передает свой сигнал, который принимается получателем сообщения, а также может быть принят другими N-узлами в непосредственной близости. Если эти узлы готовы поделиться своими ресурсами, они могут направить полученную информацию узла отправителя сообщения в качестве второй копии исходного сигнала, и действовать в качестве ретранслятора для узла отправителя сообщения. Отправителем сообщения может являться маломощная радиостанция или отдельное передающее устройство, находящееся в распоряжении абонента.

Таким образом, в общем случае такая система представляет собой своего рода виртуальную антенную решетку, состоящую из N-ретрансляторов (отдельных передатчиков со своими антенными системами), расположенных определенным образом в пространстве.

Принцип работы такой системы заключается в следующем. В общем случае отправитель сообщения является главной радиостанцией. Из совокупности элементов радиосети (Ретр. 1 – Ретр N), распределенных на определенной территории, выбирается некоторое количество радиостанций для ретрансляции сигналов главной станции. В процессе ретрансляции обеспечивается синхронизация передатчиков

выбранных ретрансляторов для синфазного сложения радиосигналов в точке приема.

Совокупность ретрансляторов (Ретр. 1 – Ретр N) фактически представляет собой АФАР с распределенными в пространстве и не связанными физическими линиями передачи излучателями.

Структура рассматриваемой АФАР является переменной (априорно неопределенной) и изменяется в зависимости от расстояния до получателя сообщения, состояния канала связи, оперативной обстановки и других условий связи.

В случае перемещения получателя сообщения могут быть задействованы другие доступные ретрансляторы.

Поскольку расстояния между отправителем сообщения (главной радиостанцией) и ретрансляторами (элементами АФАР) не являются одинаковыми и, в общем случае, изменяются при его перемещении, необходима синхронизация опорных генераторов (ОГ) передатчиков ретрансляторов для обеспечения синфазного сложения их мощности в требуемом пространственном направлении.

Синхронизация передатчиков опорным сигналом, формируемым отправителем сообщений (от общего высокостабильного опорного генератора), как это реализовано в активных ФАР [1], не позволит в полной мере решить поставленную задачу из-за стохастичности радиоканала.

Различные условия распространения радиоволн, излучаемых отдельными ретрансляторами, приведут к нарушению их синфазности в точке приема. Следовательно, синхронизация передатчиков ретрансляторов должна осуществляться с учетом изменения фазы сигналов в радиоканале, а формирование синхросигналов – станцией получателя сообщений [82].

Реализация данного способа синхронизации возможна при наличии обратной связи между передатчиками и приемниками, которая обеспечивается аппаратурой автоматизации вхождения в радиосвязь и ее ведения [2].

Каждый элемент радиосети при использовании метода параллельной ретрансляции может быть отправителем, ретранслятором или получателем сообщений. Следовательно, данными средствами должны осуществляться дополнительные функции:

- формирование признака главной станции;
- поиск свободных ретрансляторов и выбор оптимальной структуры АФАР;
- 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 [3].

Виртуальная АФАР с рассмотренной структурой обеспечит синфазное сложение сигналов ретрансляторов в месте нахождения получателя сообщений и ослабление результирующего сигнала в других направлениях.

Это эквивалентно формированию ДН виртуальной АФАР.

Моделирование направленных свойства виртуальной АФАР с пространственно распределенными элементами позволяют определять ДН виртуальной АФАР и анализировать ее направленные свойства в зависимости от типа антенны ее отдельного элемента (ретранслятора).

Направленные свойства АФАР определяются количеством ее излучателей и слабо зависят от их направленных свойств.

Следовательно, в качестве ретрансляторов могут использоваться передатчики работающие на ненаправленную или слабонаправленную антенну, что позволяет решить задачу направленной передачи ЭМВ в ДКМ диапазоне.

Установлено, что равноамплитудное распределение токов вдоль облучателей ФАР, позволяет получить ДН с более узким главным лепестком, а неравноамплитудное – более низкий уровень боковых лепестков. Неравноамплитудное распределение может быть получено регулированием уровня мощности на выходе передатчиков, входящих в состав АФАР.

Результаты интегрирования для антенн 2ВНС 40/12 и ШТ-4 при различных значениях $N = 0…10$ и фиксированных значениях f=3МГц, $d = 100$ м и $\alpha = 0$ показал, что при объединении мощности двух передатчиков диапазона ДКМВ КНД увеличивается в 2,1 раза, четырех – в 4,5 раза, шести – в 6,8 раз, восьми– в 10 раз. Таким образом, мощность, излучаемая отдельными ретрансляторами, будет концентрироваться строго в направлении получателя сообщений, а значит, повысится уровень сигнала в точке приема.

Для диапазонов волн МВ-ДМВ результаты расчета направленных свойств виртуальной АФАР будут отличаться незначительно с учетом КНД конкретных антенн передатчиков, объединяемых в АФАР для ретрансляции.

Следовательно предложенный метод позволяет повысить достоверность связи в условиях действия всех видов помех.

Основным отличием предлагаемой АФАР является возможность управлять положением главного лепестка ДН в пространстве электрическим методом по каналу обратной связи – по опорным сигналам, приходящим из точки приема.

Для ориентирования максимума главного лепестка ДН ФАР (для фокусировки антенны) необходимо изменять разность фаз токов запитки соседних излучателей. При этом будет изменяться наклон фазового распределения токов вдоль АР. Процесс управления положением ДН должен продолжаться до тех пор, пока фазовое распределение не станет ортогональным направлению прихода опорного сигнала из точки приема.

Для обеспечения алгоритма функционирования виртуальной АФАР, а также ее адаптации по направлению прихода волны, необходима синхронизация ОГ составляющих ее передатчиков. Она может быть обеспечена построением системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) при синхронизации всех элементов АР по каналу обратной связи от генератора, находящегося в точке приема. При этом в процессе синхронизации будут также учитываться и условия распространения радиоволн в радиоканале.

Заключение

Таким образом, применение метода параллельной ретрансляции позволяет при увеличении коэффициента направленного действия формируемой АФАР, повысить достоверность передачи информации в сложной сигнально-помеховой обстановке. Практическая реализация рассмотренных подходов к моделированию позволит повысить помехоустойчивость сетей радиосвязи.

Список литературы

1. Зырянов, Ю.Т. Антенны : учебное пособие / Ю.Т. Зырянов. – 3-е изд. стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2018 г. – 412 с.

2. Семисошенко, М.А. Управление автоматизированными системами декаметровой связи в условиях сложной радиоэлектронной обстановки / М. А. Семисошенко. – С. Пб.: ВАС, 1997. – 364 с.

3. Галкин, В.А. Основы программно-конфигурируемого радио / В.А. Галкин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 375 с.

Математическая модель оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием

С. С. Белоусов, email: belousovtel@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru
М. А. Стафеев

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

Аннотация. *В данной статье рассматривается подход к математическому описанию процесса управления авиационным формированием с позиции непрерывности, а также схематично представлена математическая модель расчета вероятности непрерывности управления.*

Ключевые слова: *математическая модель, непрерывность управления, система связи.*

Введение

Выполнение поставленных задач силами авиационных формирований во многом зависит от качества управления ими соответствующими должностными лицами, анализ источников в данной области показал, что наиболее проработанными на сегодняшний день являются такие свойства процесса управления как устойчивость, оперативность и скрытность управления, в свою очередь наименее раскрытым, по мнению авторов, является непрерывность управления.

Под непрерывностью управления авиационным формированием в статье понимается способность системы управления обеспечить процесс управления в необходимом темпе и функционирование управляемых сил без снижения их боевой готовности, устойчивости и эффективности [1].

Любая система включает множество различных элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность, это положение в полной мере относится и к системе военного управления [2]. Технической основой указанной системы является система связи, которая выполняет функции по обеспечению обмена данными между элементами системы управления и степени реализации ее возможностей, во многом, определяется результат, который может быть достигнут авиационным

© Белоусов С. С., Федюнин П. А., Стафеев М. А., 2021

формированием. Резюмируя сказанное, оценить возможности системы связи – это значит произвести сопоставление значений показателей, характеризующих ее возможностей по обеспечению процесса управления с эталонными (нормативными) значениями, предварительно произведя измерение – алгоритмическую операцию, в результате которой получают значение показателя (количественную меру свойства), связывающего физическую интенсивность свойства с числом.

Широкое внедрение математических методов в область управления боевыми и обеспечивающими действиями авиации ставит перед собой главную цель – усовершенствовать процедуру принятия решения, сделав ее более обоснованной [3,4], рациональное применение данных методов позволяет, опираясь на результаты анализа прикладной области, построить математическую модель, и далее на ее основе дать оценку возможностей существующей системы связи авиационного формирования, а также осуществить прогноз их изменений с учетом влияния различных факторов.

Целью статьи является разработка математической модели оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием. На основе каких показателей и критериев будет построена рассматриваемая математическая модель и в чем ее отличие от существующих будет разобрано авторами в статье.

1. Выбор системы показателей и критериев оценки

Ресурсы системы связи служат для обеспечения обмена информацией между субъектами и объектами управления. При этом по каналу прямой связи передаются управляющие воздействия, а по каналу обратной связи – в информация о состоянии объекта. Совокупность, включающую субъект управления, объекты управления и ресурсы системы связи, будем называть системой управления. Для обеспечения потребности системы управления в информационном обмене и решения задач управления на базе системы связи создаются информационные направления, которые реализуются направлениями связи. Таким образом, направления связи являются тем объектом, который связывает в единое целое систему связи (так как информационное направление базируется на направлении связи) и систему управления (так как создается в целях решения задач управления).

Наглядно влияние состояния системы связи на качество процесса управления авиационными формированиями представлено на рис. 1.

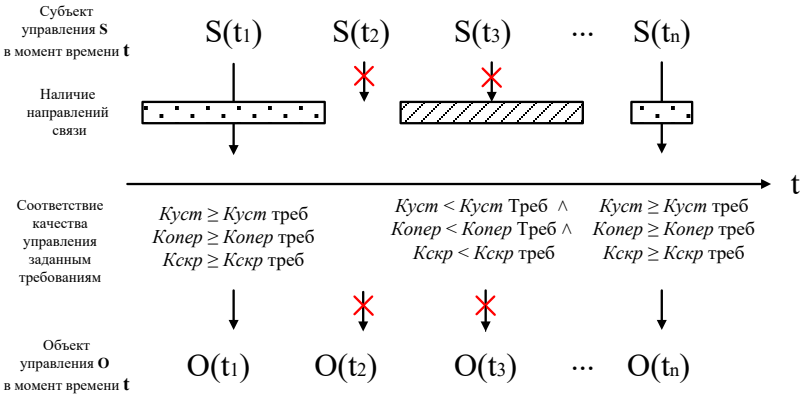


Рис. 1. Влияние состояния системы связи на качество процесса управления авиационными формированиями

Определяя критерии оценки возможностей системы связи обеспечить непрерывность прохождения управляющих воздействий авторами предлагается рассмотреть число действующих направлений связи между наземным пунктом управления и авиационным комплексом как основу для прохождения команд и отчетов в необходимом темпе, с дальнейшей оценкой оставшихся качеств управления (устойчивости, оперативности и скрытности) в рамках рассматриваемого временного интервала. На рисунке 1 управляющие воздействия t_1 и t_n удовлетворяют одновременно условиям по наличию необходимого количества направлений связи $N_{треб}$ (как характеристики непрерывности управления) и требованиям $K_{уст\_треб}, K_{опер\_треб}, K_{скр\_треб}$ (характеризующие соответственно устойчивость, оперативность и скрытность управления). В свою очередь, в момент времени t_2 не выполняются требования по наличию необходимых направлений связи $N_{треб}$. Рассматривая систему связи в момент времени t_3 и отклонения от требований хотя бы по одному из $K_{уст\_треб}, K_{опер\_треб}, K_{скр\_треб}$ позволяют говорить о высоковероятной потере управления авиационным комплексом.

Из чего следует, что критерием для оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационными комплексами является предоставление требуемого количества

направлений связи $N_{треб}$ между бортами и наземными пунктами управления.

С позиции теории управления вероятность того, что управление авиационным формированием будет непрерывным характеризуется вероятностью непрерывного управления принятого за обобщенный показатель и может быть получено путем решения уравнения:

$$P_{ну}(t) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}\left[1 - e^{-(\alpha+\beta)t}\right] + e^{-(\alpha+\beta)t} \quad (1)$$

где $\beta = \frac{1}{T_{пр}}$ – интенсивность потери управленческих функций; $\alpha = \frac{1}{T_{в}}$ – интенсивность восстановления управленческих функций; $T_{пр}$ – среднее время между интервалами потери управления; $T_{в}$ – среднее время восстановления управленческих функций.

Переходя к выбору показателей необходимо пояснить, что выполнение поставленной задачи авиационным формированием будет производиться в несколько этапов и на каждом из этапов в зависимости от складывающейся обстановки система связи должна предоставлять требуемый ресурс системы связи (направлений связи). При этом число объектов управления (авиационных комплексов) по ходу выполнения поставленной задачи может остаться постоянным (за исключением понесенных потерь), однако субъекты управления (пункты управления) могут изменяться. Это связанно, прежде всего, с заданными рубежами передачи управления согласно заблаговременно созданного плана управления, так и в связи с необходимостью поддержания требуемого уровня качества управления при деструктивном воздействии противника. Данная ситуация в графическом виде показана на рисунке 2, где по оси t показано время выполнения поставленной задачи как в целом так и по этапам ее выполнения, по оси $P_{ну}(t)$ уровень непрерывности управления (при $P_{ну}(t)=1$ управление идеальное, при $P_{ну}(t)<0{,}8$ управление считается потерянным), а также график $U(t)_i$ характеризующие возможности системы связи i-го ПУ обеспечить процесс передачи управляющих воздействий в необходимом темпе.

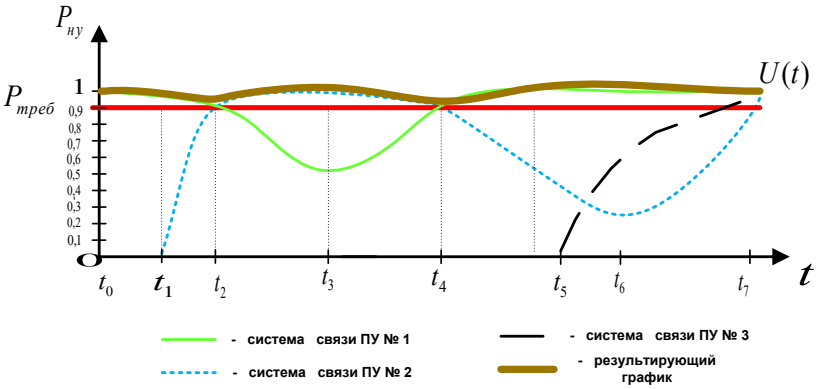


Рис. 2. График зависимости вероятности непрерывности управления от показателей $T_{пр}$ и $T_{в}$ системы связи (вариант)

Приоритетным направлением при анализе возможностей системы связи i - го ПУ является установление момента времени, когда график функции $U(t)_i$ пересечет линию $P_{треб}$, что можно приравнять к потере управления объектом, и в целях недопущения указанной ситуации, система связи должна своевременно осуществить проверку состояния ресурса связи (направлений связи) на том ПУ, с которого согласно приоритета будет далее осуществляться управление, далее на основании решения должностного лица органа управления обеспечить передачу управления с одного субъекта на другой.

Если при обеспечении требуемого качества управления в исходном состоянии системы управления главенствующую роль играет показатель устойчивости системы связи, характеризующий ее способность обеспечивать управление при всех воздействующих факторах, то при решении задачи по обеспечению передачи управления с одного пункта управления на другой наиболее актуальным предлагается рассмотрение показателя мобильности ресурса системы связи $P_{моб}$. Указанный показатель, характеризует возможность оперативного переключения каналов связи на приоритетный субъект управления, а также использование полевой компоненты системы связи для наращивания своих возможностей на избранном информационном направлении. В комплексе данное решение позволит с момента времени t_2 обеспечить

функционирование необходимого числа направлений связи и своевременно прекратить снижение вероятности непрерывного управления, а также предоставит время для восстановления состояния системы связи до требуемого уровня.

Также среди показателей характеризующих возможности системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационными формированиями предлагается рассмотреть доступность ресурса системы связи $P_{дост}$, позволяющий учесть обеспечение возможности должностным лицам органов и пунктов управления различных звеньев получения доступа к ресурсам системы связи при сохранении установленных приоритетов и способов установления связи.

На основании вышеизложенного, при оценке возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационными формированиями может быть применена следующая система показателей:

обобщенный показатель: вероятность непрерывности управления авиационным формированием – $P_{ну}(t)$;

общие показатели : вероятность сохранения требуемого количества функционирующих направлений связи $P_{R\_сохр}$, а также вероятность восстановления требуемого количества функционирующих направлений связи $P_{R\_восст}$;

частные показатели: вероятность устойчивости требуемого ресурса системы связи $P_{уст}$, вероятность мобильности требуемого ресурса системы связи $P_{моб}$, вероятность доступности требуемого ресурса системы связи $P_{дост}$.

2. Построение математической модели оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием

Приведенные рассуждения можно представить в виде математической модели, которая в общем виде позволит описать порядок проведения расчетом искомой величины – вероятности непрерывности управления авиационным формированием при выполнении поставленной задачи. Очевидным преимуществом данной математической модели является учет деструктивного воздействия противника, а также динамики выполнения поставленной задачи за счет применения указанных исходных данных при расчетах возможностей системы связи и учета важности направлений связи при определении вероятности ее устойчивости.

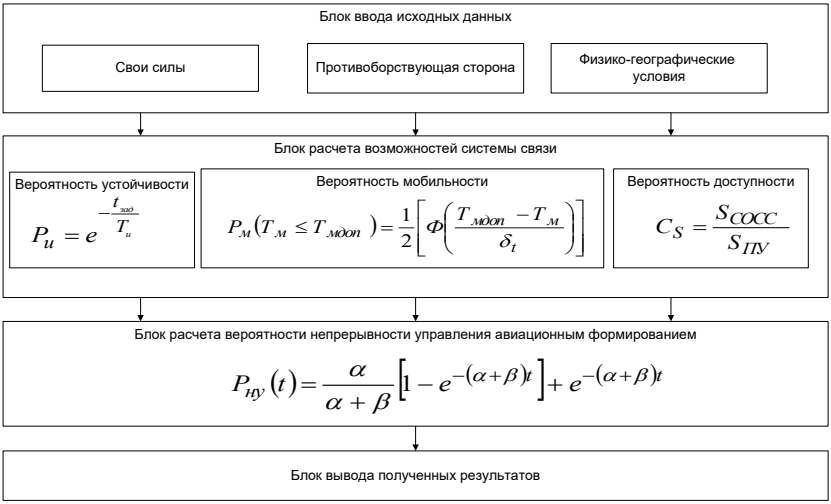


Рис. 3. Математическая модель оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием (вариант)

Заключение

Математическое моделирование при исследовании выполнения поставленных задач авиационными формированиями оказывается практически единственным средством познания вследствие трудностей постановки экспериментов и наблюдения явлений в реальных условиях, оно позволяет не только учитывать динамику взаимодействия элементов и параметров систем в пространстве и во времени, но и предоставляет возможность изменять масштаб времени и описывать поведение компонентов сложной системы на высоком уровне детализации.

Однако необходимо упомянуть, что какой хорошей бы ни была созданная модель изучаемой системы, основной интерес для командиров всех звеньев управления представляет не сама математическая модель, а получаемые с ее помощью и интерпретируемые результаты решения реальной проблемы. Кроме того, информация, получаемая с помощью модели, должна быть приемлемой с практической точки зрения, тогда можно говорить о том, что получен мощный и гибкий «инструмент» для получения научных результатов в области исследования.

Список литературы

1. Основы теории управления войсками / П. К. Алтухов [и др.] ; под ред. П. К. Алтухова. – М. : Воениздат, 1984. – 221 с.

2. Иванов, П. И. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле: учебник/ П. И. Иванов. – Монино, 1991. – 512 с.

3. Махнин, В. Л. Понятийный аппарат в предметных областях познания и исследования военного искусства (категории, понятия, термины): учебно-наглядное пособие / В. Л. Махнин, В. Г. Бычков. – М. : Изд-во ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2011. – 324 с.

4. Махнин, В. Л. Основы военно-научных исследований: понятийный аппарат : монография / В. Л. Махнин. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – 460 с.

Использование информационных технологий в процессе эксплуатации радиотехнических средств

С. И. Буробин
И. С. Назмутдинов, email: nazmutdinov71@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *В статье рассмотрены возможности реализации современных информационных технологий в процессе жизненного цикла радиотехнических средств. Для получения информации о техническом состоянии аппаратуры в течение всего жизненного цикла целесообразно применить методы распознавания предотказовых ситуаций, позволяющие прогнозировать возникновение отказа аппаратуры, и, тем самым, предотвратить выход изделия из строя.*

Ключевые слова: *радиотехническое средство, информационная поддержка жизненного цикла изделия, этапы эксплуатации, эксплуатационно-техническая документация, интегрированная логистическая поддержка, техническое обслуживание и ремонт, система распознавания.*

Введение

В соответствии с требованиями действующих нормативных документов для новых и перспективных радиотехнических средств (РТС) должна быть реализована информационная поддержка жизненного цикла изделий (ИПИ). Информационная поддержка жизненного цикла (ЖЦ) РТС основывается на использовании интегрированной информационной среды или единого информационного пространства Минобороны России и предприятий оборонно-промышленного комплекса. Главной целью внедрения ИПИ РТС в Минобороны России является повышение эффективности управления процессами ЖЦ изделий.

Внедрение ИПИ РТС требует коренного пересмотра организации информационных процессов на всех этапах ЖЦ РТС. Основными ключевыми направлениями развития организации информационных процессов являются:

– постепенный переход к стандартизованному электронному представлению всех видов технической документации;

© Буробин С. И., Назмутдинов И. С., 2021

– формирование условий для реорганизации функциональных процессов жизненного цикла изделий на основе внедрения ИПИ-технологий РТС;

– создание интегрированной информационной среды ЖЦ в качестве высокотехнологичной основы осуществления процессов управления ЖЦ изделий.

1. Теоретический анализ

Рассмотрим применение ИПИ-технологий на стадии эксплуатации изделия. В руководящих документах принято рассматривать этапы эксплуатации РТС, показанного на рис. 1 [1].

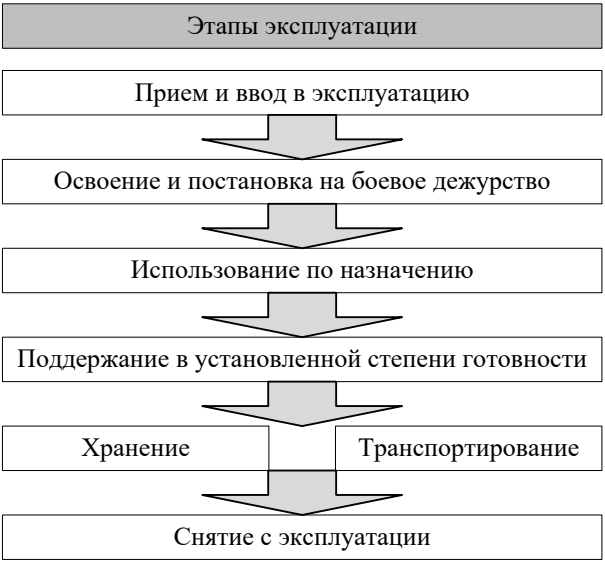


Рис. 1. Этапы эксплуатации радиотехнического средства

Внедрение ИПИ-технологий в рамках автоматизации и информатизации управления эксплуатацией РТС органами технического обеспечения позволит:

– повысить эффективность организации работ по вводу в эксплуатацию, регламенту, ремонту, доработкам, улучшению тактико-технических характеристик РТС;

– обеспечить сбор достоверной информации об изменении качественного состояния РТС с целью оперативного решения задач по поддержанию изделий в технически исправном (боеготовом) состоянии;

– своевременно предоставлять персоналу, эксплуатирующему, обслуживающему и ремонтирующему изделие, актуальную эксплуатационно-техническую документацию (ЭТД), имеющую многократно меньшие по сравнению с бумажной документацией физические объемы и более удобную в практическом применении;

– организовывать эффективное внесение изменений в ЭТД на изделие и доведение изменений до потребителя;

– обеспечить оперативный контролируемый доступ к требуемой информации об РТС из любой точки мира;

– постоянно совершенствовать системы и методы профессиональной и технической подготовки и переподготовки личного состава по мере поставки новых и модернизации существующих изделий на основе использования постоянно обновляемых баз данных о РТС в соответствии с квалификационными требованиями;

– на основе совершенствования методов и технологий управления запасами, заказами и поставками запасных частей, принадлежностей и расходных материалов, стандартизации процедур, технологий и форматов обмена данными на всех стадиях ЖЦ, сокращающих время, трудоемкость и количество ошибок при подготовке и передаче данных, снизить затраты на управление номенклатурой предметов снабжения и материально-технического обеспечения войск.

Сокращение затрат на поддержку ЖЦ изделия, а именно на его эксплуатацию и ремонт, является одной из стратегических целей ИПИ-технологий. Комплекс управленческих технологий, направленных на сокращение этих затрат, объединяется понятием интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) изделия [2]. В современном понимании, ИЛП эксплуатации и ремонта изделия должна включать в себя интегрированное управление такими процессами, как:

– мониторинг (контроль) состояния каждого изделия в воинских формированиях;

– планирование технического обслуживания и ремонта (ТО и Р);

– снабжение ЗИП, вспомогательным оборудованием для ТО и Р;

– обучение эксплуатационного и ремонтного персонала и т.п.

Одним из основных факторов, определяющих долговечность и надежность изделия, а также стоимость его эксплуатации являются мероприятия по организации ТО и Р.

– неплановое (по отказу);

– плановое регламентированное (по наработке, по календарным периодам);

– плановое по состоянию (по допустимому уровню параметра, с прогнозом надежности и т.д.).

Неплановое ТО и Р является крайне нежелательной ситуацией, т.к. снижает способность изделия быть использованным по назначению, кроме того отказ может произойти в момент, когда проведение ТО и Р невозможно.

Плановое ТО и Р, выполняемое по регламенту, как правило, определяется производителем изделия. При этом могут быть установлено несколько различных интервалов проведения ТО, которые включают разный объем и виды работ. Также плановое ТО и Р может проводиться в связи с различными режимами работы изделия (например, предполетное ТО средств обеспечения полетов). Особенностью данного вида ТО и Р является то, что оно не всегда учитывает конкретное состояние изделия, а также условия его эксплуатации.

Обслуживание по состоянию может быть организовано по текущему и прогнозируемому состоянию. В первом случае оценивается текущее состояние и отыскиваются неисправные или потенциально неисправные элементы аппаратуры изделия. При организации ТО и Р по прогнозируемому состоянию решаются следующие задачи: контроль фактического состояния, прогнозирование технического состояния по малой выборке для заданного упрежденного значения момента времени с использованием всей имеющейся априорной и измерительной информации и, наконец, поиск потенциально дефектных элементы аппаратуры.

Практика показывает, что в настоящее время для получения информации о техническом состоянии аппаратуры 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 сложных технических систем, какими являются РТУ, целесообразно применить методы распознавания предотказовых ситуаций (ПОС), позволяющие прогнозировать возникновение отказа аппаратуры, и, тем самым, предотвратить выход изделия из строя.

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) [4]. Упрощённая структура системы распознавания представлена на рис. 2.

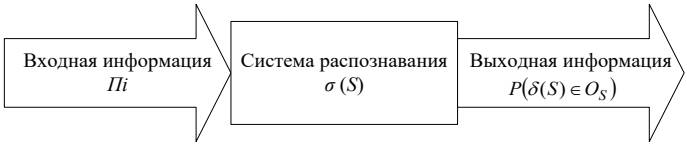


Рис. 2. Упрощённая структура системы распознавания

В качестве входной информации используются параметры контролируемых систем Пі , причем стараются сделать так, чтобы число параметров было минимальным, а информация, заложенная в них, достаточна для получения результата с высокой достоверностью.

Результатом работы системы распознавания будут является прогнозирование σ(S) принадлежности параметра Пі контролируемого технического состояния δ(S) к предотказовому состоянию P(δ(S) ∈ OS. При этом очень важно, чтобы точность классификации была как можно больше, а время достижения результата как можно меньше.

Заключение

В дальнейшем разработка системы распознавания предотказовых ситуаций будет осуществлена на основе искусственной нейросети.

Таким образом, внедрение ИПИ-технологий дают возможность повысить эффективность управления процессами ЖЦ РТС. Это осуществляется за счет интегрированной логистической поддержки, одной из составных частей которой является процесс технического обслуживания и ремонта. ТО и Р РТС. Представленный современный подход к решению проблем позволит увеличит эффективность функционирования системы технического обеспечения

Список литературы

1. ГОСТ В.25883-83. Эксплуатация техники. Термины и определения. – Москва: Госстандарт, 1983. – 9 с.

2. Судов, Е. В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е. В. Судов, А. И. Левин. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2002. – 131 с.

3. Заковряшин, А. И. Элементы интегрированной логистической поддержки / А. И. Заковряшин, П. С. Агалецкий // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2011. – Вып. 49.– С. 80.

4. Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен / Р. Дуда, П. Харт ; под ред. В. Л. Стефанюка. – М.: Мир, 1976. – 507 с.

Стратегии проектирования и методы описания сложных систем на основе функционально-структурной теории

М. Г. Гриф, email: grifmg@mail.ru
С. А. Кочетов, email: sa.kochetov@gmail.com

Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. *В статье рассмотрены методы и технологии автоматизации проектирования процессов функционирования человеко-машинных систем на основе функционально-структурной теории и обобщенного структурного метода проф. А. И. Губинского. Процесс функционирования представляется в виде последовательности выполняемых элементарных операций – типовых функциональных единиц, которые объединяются в типовые функциональные структуры. Показаны основные стратегии проектирования человеко-машинных систем: «сверху в низ», «снизу в верх» и совмещение этих стратегий. Генерация множества альтернативных процессов человеко-машинной системы использует понятие альтернативного графа. Приведен формальный способ представления процессов функционирования систем в виде бинарных отношений элементов, входящих в функциональную сеть. Представлен язык описания процессов, использующий в основе бинарные отношения.*

Ключевые слова: *функционально-структурная теория, обобщенный структурный метод, человеко-машинная система, множество альтернатив, автоматизация проектирования, стратегии проектирования.*

Введение

При проектировании сложных систем приходится анализировать большой объем информации, учитывать множество возможных альтернативных вариантов решения и оценивать их последствия, получать обоснование для выбора оптимальных стратегий реализаций проектируемой системы. Таким образом, на сегодняшний день, важнейшим направлением в исследовании и автоматизации проектных работ, является разработка систем интеллектуальной поддержки, позволяющих описывать процессы функционирования (ПФ) сложных систем, в которых основное место уделяется человеку, как лицу, принимающему решения. Такие человеко-машинные системы (ЧМС) используются во многих областях человеческой деятельности.

© Гриф М. Г., Кочетов С. А., 2021

Анализ используемых моделей ПФ ЧМС показывает, что одним из универсальных методов описания является аппарат функциональных сетей (ФС), функционально-структурная теория (ФСТ) и обобщенный структурный метод (ОСМ) проф. Губинского А. И. [1]. Этот подход получил развитие в работах [1-2], в которых предложены технологии последовательной оптимизации процессов функционирования ЧМС по показателям эффективности, качества и надежности (ЭКН) на основе ФСТ.

1. Формализованное описание процессов функционирования ЧМС

Под процессом функционирования ЧМС понимается логико-временная последовательность действий и операций эргатических и неэргатических элементов системы, устойчивая к возмущениям и ведущая к достижению поставленной цели (или целей) функционирования [1]. Под операцией $O \equiv O(F, E, S, Q)$ понимается процесс выполнения функции F элементом E в состоянии ЧМС S, Q - показатели эффективности, качества и надежности (ЭКН). В показатели ЭКН $Q \equiv (B, T, V)$ входят B – вероятность безошибочного и бездефектного выполнения операции, T – среднее время выполнения операции, V – стоимость выполнения (или дохода) операции. Операция O может быть простой – типовой функциональной единицей (ТФЕ), и составной, если включает в себя множество других операций. В качестве ТФЕ могут выступать: «рабочая операция» (РО), проверка условий: проверка правильности выполнения контролируемой операции («функциональный контроль», ФК), проверка работоспособности техники и (или) человека («диагностический контроль», ДК) и др. Часто встречающиеся комбинации ТФЕ, для которых заранее рассчитаны математические модели, представляют собой типовые функциональные структуры (ТФС). Отдельный процесс функционирования ЧМС представляется в виде суперпозиции ТФС $O_z = ТФС_i(O_{i_1}, O_{i_2}, ..., O_{i_k})$, где $ТФС_i \in M_{ТФС}$, O_{i_j} – простая или составная операция. Две операции с совпадающей функцией F – $O(F, E_1, Q_1)$ и $O(F, E_2, Q_2)$ являются альтернативными («параметрическими») способами выполнения операции O, так же как и составные операции $O = ТФС_i(O_{i_1}, O_{i_2}, ...)$ и $O = ТФС_s(O_{s_1}, O_{s_2}, ...)$, – «структурными».

Задача оптимизации (обобщенная задача динамического программирования) ставится следующим образом:

$$K_{ЭКН}(A) \to extr, A \in M_d \subseteq M_a, \quad (1)$$

где $K_{ЭКН}(A)$ – критерий оптимальности для сочетаний критериев ЭКН; M_d – множество допустимых альтернатив, M_a – альтернативные варианты процесса [2].

2. Стратегии проектирования процессов функционирования ЧМС

Начинать проектировать систему можно непосредственно «сверху», представив ее в виде «черного ящика». При таком подходе, на начальном этапе проектирования ФС рассматривается как составная операция, представляющая суперпозицию множества альтернативных способов ее выполнения. Далее каждая составная операция раскрывается до самого «низа», представляя каждую суперпозицию как множество альтернативных способов ее выполнения пока не будет состоять только из простых операций. Такая стратегия носит название «сверху в низ». Схематично этот процесс представляется в виде альтернативного графа (АГ) (рис. 1).

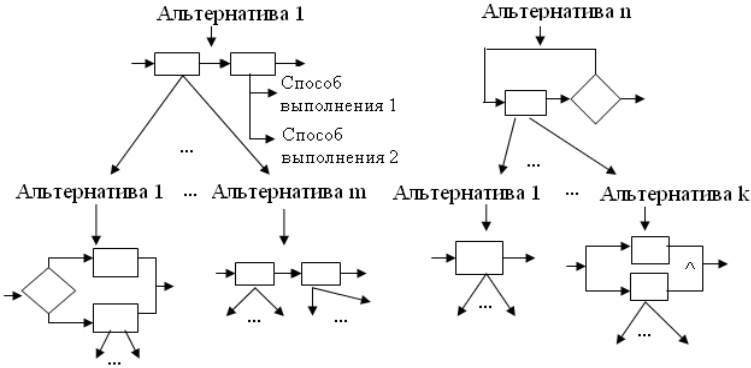


Рис. 1. Альтернативный граф для ПФ ЧМС

Данная стратегия была реализована в гибридной экспертной системе (ГЭС) ИНТЕЛЛЕКТ-2 [2]. Подход проектирования ПФ с использованием АГ представляет определенную сложность. Обычно процесс представляет собой некоторую последовательность операций. И для того, чтобы воспользоваться возможностями ГЭС ИНТЕЛЛЕКТ-2, последовательный процесс необходимо предварительно представить в виде АГ. Это значительно увеличивало время на проектирование и сопровождалось ошибками. Боле того, если возникнет необходимость внести изменения в описание исходного процесса, требовалось обратно представить АГ как последовательный процесс, внести в него изменения и после этого, запомнить все изменения обратно, в виде АГ.

Дальнейшим развитием системы ИНТЕЛЛЕКТ-2 стала ГЭС ИНТЕЛЛЕКТ-3 [3]. Эта система позволила проектировать систему в естественном виде – «как есть», без ее преобразования в виде суперпозиций операций (рис. 2).

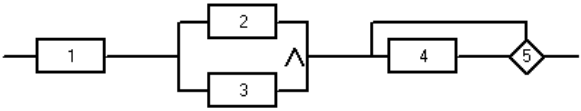


Рис. 2. Представление ПФ ЧМС в виде ФС

Такой подход носит название «снизу в верх». При желании, можно проектировать также по методике «сверху в низ». В системе можно выбрать любую РО, «раскрыть» ее для представления в виде суперпозиции. Система имеет существенно развитый графический интерфейс проектирования. В ГЭС было реализовано большинство элементарных операций над ФС, таких как: добавления, удаления, сохранения и вставки как отдельных ТФС, так и целых участков функциональной сети. ГЭС ИНТЕЛЕКТ-3 позволяет задавать альтернативные участки функциональной сети. Эти участки могли пересекаться между собой. Реализация таких возможностей потребовала доработки механизма поиска оптимального решения, который был существенно доработан [4].

В первоначальной версии ГЭС ИНТЕЛЕКТ-3, проектирование ПФ могло осуществляться только с использованием графических возможностей, предоставляемых самой программой. Спроектированную систему можно было сохранить, и затем загрузить в программу. При этом возможно было использовать только два формата: XML и представление в виде внутреннего бинарного формата. Непосредственно использовать эти форматы вне программы, а особенно бинарного, было крайне сложно. Хотелось бы иметь возможность представить ПФ в формате, простым в использовании и понятным проектировщику. Простейший вариант – задание ПФ в виде формального языка.

3. Язык описания процессов функционирования ЧМС

ПФ можно представить в виде множества бинарных отношений, входящих в него элементов. В ГЭС ИНТЕЛЕКТ-3 таким одиночным элементом является ТФС. Однако сама ТФС содержит подмножество ТФЕ. Таким образом, ПФ в итоге представляет собой множество бинарных отношений ТФЕ. В общем виде ФС можно задать в виде множества бинарных отношений, входящих в нее операций

$\{(O_1, O_2), ..., (O_{n-1}, O_n)\}$, обладающих свойством O_n «следует за» O_{n-1}. В соответствии с рекомендациями ФСТ, для удобства, дополним номенклатуру описания ФС, специальными композиционерами [1]: T «транзит И» – обозначает начало и конец каждой ТФЕ, C «стартер» – обозначает начало выполнения параллельных операций, $F_{\&}$ «финишер И» – окончание всех параллельных операций, $F_{\#}$ «финишер ИЛИ» – окончание любой из параллельных операций. Для обозначения начала и окончания ФС, добавлены композиционеры H и K. На рис. 3 представлена ФС, задаваемая в виде множества бинарных отношений:

$$R_{ФС} = \{(H, T_1), (T_1, A_1), (A_1, T_2), (T_2, A_2), (A_2, T_3), (T_3, \beta\phi), (\beta\phi, T_4), (\beta\phi, A_2), (T_4, K)\}$$

.

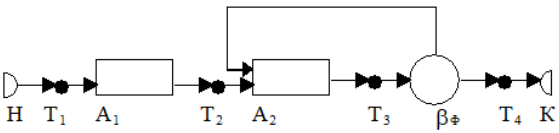


Рис. 3. Представление ПФ ЧМС с использованием композиционеров

В итоге, ФС представимую в виде суперпозиции ТФС, можно описать в виде порождающей грамматики $G - < T, N, P, S >$. T – множество терминальных символов – сюда входят все подмножества ТФЕ и композиционеры. N – множество нетерминальных символов – это все типы ТФС и $PO_{экв}$. P – правила, порождающие все типы ТФС из терминальных символов: $ТФС(1) - > \alpha 1, ..., ТФС(n) - > \alpha n$; где $\alpha 1, ..., \alpha n$ цепочки терминалов при условии $\alpha 1 \neq \alpha 2, ..., \alpha(n-1) \neq \alpha n$, и правило $PO_{экв} - > ТФС(1) \,|\, ТФС(2) \,|\, ... \,|\, ТФС(n)$. В скобках указан тип ТФС. S – начальный символ грамматики $S - > PO_{экв}$.

В случае если ФС описывается на языке бинарных отношений, ГЭС ИНТЕЛЛЕКТ-3 производит анализ входной последовательности на предмет допустимости представления ФС в виде суперпозиции ТФС. Для этого, ИНТЕЛЛЕКТ-3 использует метод восходящего синтаксического анализа – «свертка-перенос» [5].

Заключение

Проведенное формальное описание процессов функционирования человеко-машинных систем. Рассмотрены методы автоматизации проектирования процессов функционирования таких систем на основе

функционально-структурной теории и обобщенного структурного метода проф. А. И. Губинского. Предоставлены стратегии «сверху в низ», «снизу в верх» и смешанного проектирования ЧМС. Представлены способы описания ПФ ЧМС в виде альтернативного графа, задающие суперпозицию ФС в явном виде. Разработан язык описания ПФ ЧМС, представляющий собой множество бинарных отношений элементов, входящих в ФС.

Список литературы

1. Адаменко, А. Н. Информационно – управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник /А. Н. Адаменко [и др]; Под общ. ред. А. И. Губинского и В. Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.

2. Гриф, М. Г. Автоматизация проектирования процессов функционирования человеко-машинных систем на основе метода последовательной оптимизации: монография /М. Г. Гриф, Е. Б. Цой. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 264 с.

3. Гриф, М. Г. Стратегии проектирования множества альтернатив в задачах оптимизации на основе функционально-структурной теории / М. Г. Гриф, С. А. Кочетов, Е. Б. Цой //Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – № 4 (29). – С. 44–51.

4. Grif, M. G. Functional -Structural Theory Based Techniques for Human Machine Systems Optimal Design / M. G. Grif, S. A. Kochetov, N. D. Ganelina //13 International Scientific. Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE) – 39281: proc. (Russia, Novosibirsk, 3–6 October 2016). – Novosibirsk, 2016. – Vol. 1. – Part 2. – P. 494–497.

5. Компиляторы. Принципы, технологии и инструментарий / В. Альфред [и др]. – 2-е изд. – Москва: Вильямс, 2015. – 1184 с.

Исследование товарного ассортимента с помощью ABC-XYZ-анализа в системе Deductor

С. А. Евдокимова, email: evdsv@mail.ru
А. В. Журавлев, email: zhuravlev.all@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. *В данной работе проводится исследование товарного ассортимента магазина «БигКар», реализующего запчасти для грузовиков, с помощью ABC-XYZ-анализа. Для этого используется аналитическая платформа Deductor Studio.*

Ключевые слова: *интеллектуальный анализ данных, ABC-XYZ-анализ, Deductor Studio, OLAP-куб.*

Введение

В деятельности любой экономической организации, занимающейся розничной продажей, важной задачей является задача прогнозирования спроса и объема дохода [1]. При большом товарном ассортименте вначале необходимо выделить товары, которые пользуются постоянным спросом и гарантируют получение основной части прибыли. Это задача относится к задаче интеллектуального анализа данных.

Проведем исследование товарного ассортимента магазина «БигКар», реализующего запчасти для грузовиков, методом ABC-XYZ-анализа с использованием аналитической платформы Deductor Studio.

1. Сущность ABC-XYZ-анализа

ABC-анализ – это метод классификации объектов по различным параметрам [2]. Данный метод обычно применяется для исследования влияния характеристики отдельных товаров на общую величину этой характеристики (доход, прибыль и т.д.).

Результат ABC-анализа:

– группа A – наиболее ценные товары, которые приносят 80% общей прибыли;

– группа B – промежуточные, которые обеспечивают 15% доходности;

– группа C – наименее ценные, доход от продажи которых равен 5%.

© Евдокимова С. А., Журавлев А. В., 2021

XYZ-анализ позволяет произвести классификацию товаров или услуг в зависимости от стабильности спроса на них. Результат XYZ-анализа будет в выделении следующих групп:

– группа X – товары со стабильным спросом, значение коэффициента вариации которых от 0 до 10%;

– группа Y – товары с нерегулярным спросом, могут зависеть от сезонности. Значение коэффициента от 10 до 25%;

– группа Z – единичные заказы, коэффициент вариации будет больше 25%.

Существуют и другие процентные распределения групп ABC- и XYZ-анализа [2].

Совместный ABC-XYZ-анализ помогает определить самые доходные товары со стабильным спросом на них. В итоговой таблице группы совмещаются и получается 9 групп товаров (рис. 1).



Рис. 1. Прогнозирование по группам в ABC-XYZ-анализе

2. Проведение ABC-XYZ-анализа на аналитической платформе Deductor Studio

Аналитическая платформа Deductor Studio предназначена для анализа данных: от интеграции данных до прогнозирования и оптимизации и поддерживает такие технологии, как Big Data, Data Mining, OLAP, ETL, Data Warehouse [3].

Работа по анализу данных в Deductor Studio включает четыре этапа: импорт данных, обработка данных, визуализация, экспорт данных. Последовательность действий, которые необходимо провести для анализа данных, называется сценарием [4].

Вначале создадим сценарий для выполнения ABC-анализа, который будет включать следующие действия:

1. Импорт данных из текстового файла. Все данные для анализа в Deductor должны храниться в структурах типа «снежинка», состоящей из фактов и измерений. Каждая такая структура называется процессом и описывает определенное действие. Например, для рассматриваемого процесса продаж товаров структура хранилища данных будет, как на рис. 2.

Пусть анализируемые данные по продажам представлены таблицей, состоящей из полей: Код продажи, Дата продажи, Наименование товара, Количество, Сумма реализации, Себестоимость, Наценка. При этом для расчетов нужны только поля Наименование товара, Сумма реализации. Остальные колонки при импорте надо пометить как неиспользуемые.

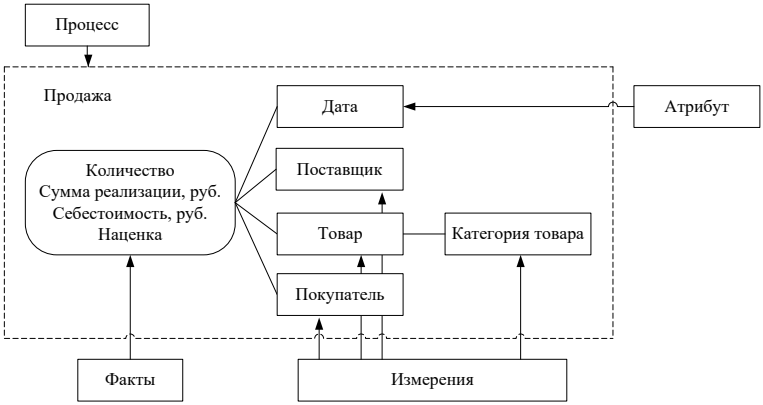


Рис. 2. Проектирование структуры хранилища

2. Группировка данных по названию товара с вычислением общей суммы реализации.

3. Сортировка данных по убыванию значения по общей стоимости реализации.

4. Расчет доли выручки от общего объема выручки. Для составления вычисляемых значений использовали узел Калькулятор.

5. Расчет доли продаж от общего объема продаж с накопительным итогом с помощью узла Калькулятор. Для этого воспользуемся встроенной функцией CumulativeSum().

6. Присвоение каждому товару названия группы A, B, C. Для этого в узле Калькулятор воспользуемся функцией Если(;;).

Сценарий для выполнения XYZ-анализа следующий:

7. Импорт данных из текстового файла. В этом случае нам будут нужны поля Дата продажи, Наименование товара, Количество.

8. Группировка товаров для определения среднего объема продаж каждого вида товара за выбранный период.

9. Расчет коэффициента вариации по формуле:

$$v = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}}{\overline{x}} 100 \qquad (1)$$

где x_i – количество товара за $_i$-ый период; $\overline{x}$ – среднее количество товара; n – число периодов.

Для расчета коэффициента вариации можно использовать функции Среднее и Стандартное отклонение, но данный способ подходит, если каждый товар продавался хотя бы один раз в каждый период, но в действительности этого может и не быть. Поэтому формула рассчитывалась с помощью узла Калькулятор по действиям.

10. Присвоение каждому товару называния группы X, Y, Z. Для этого в узле Калькулятор воспользуемся функцией Если (;;).

Совмещение результатов заключается в объединении результирующих таблиц ABC-анализа и XYZ-анализа в одну таблицу. Для этого воспользуемся методом обработки Слияние с узлом, после чего для лучшей визуализации результата была построена сводная таблица, а результат представлен в виде OLAP-куба (рис. 3).

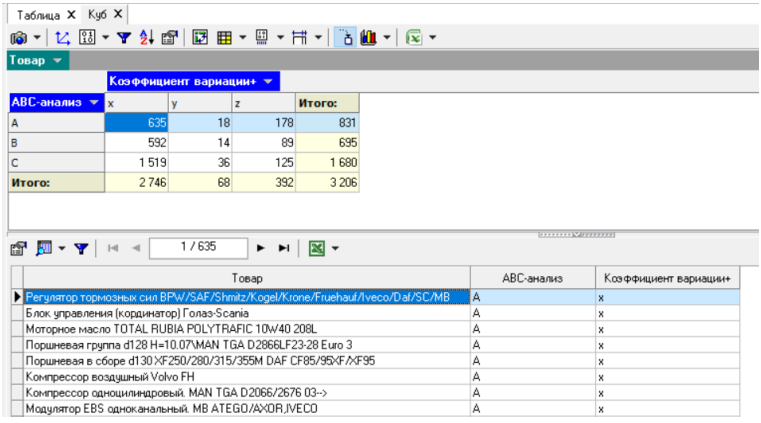


Рис. 3. ABC-XYZ матрица в OLAP-кубе

3. Анализ результатов

Проведенный ABC-анализ показал, что половина товаров (1680 из 3206), которые вошли в группу С, являются наименее ценными, т.е. доход от их реализации составляет только 5% от общего дохода.

В результате XYZ-анализа в группу X вошли 2746 товаров (85%), спрос на которых стабилен.

Совмещенная ABC-XYZ-матрица показывает товары, на которые стоит обратить внимание. Товарам групп AX, AY и BX следует уделять повышенное внимание, поскольку их отсутствие приведет к убыткам. Для прогнозирования спроса на товары группы AX следует в дальнейшем применить регрессионные и нейросетевые методы, а группы AY и BX следует прогнозировать по товарным группам. По товарным категориям лучше прогнозировать и товары группы BY. Товары групп CX и CY характеризуются низкой потребительской стоимостью и средней надежностью прогноза. К ним хорошо подойдут несложные расчетные модели.

Заключение

Для обеспечения стабильности продаж и получения дохода в магазине запчастей «БигКар» был проведен ABC-XYZ-анализ в аналитической системе Deductor, который позволил определить товары, обеспечивающие большую часть дохода и пользующиеся постоянным спросом. Им следует уделять повышенное внимание и для прогнозирования спроса к ним в дальнейшем необходимо применить такие методы интеллектуального анализа данных, как регрессионные и нейросетевые модели анализа.

Список литературы

1. Евдокимова, С.А. Применение методов интеллектуального анализа данных для оценки внешнеэкономической деятельности организации / С. А. Евдокимова, В. С. Копылова // Информатика : проблемы, методология, технологии : материалы XIX международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2019. – С. 1118-1121.

2. Паклин, Н.Б. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям / Н.Б. Паклин, В.И. Орешков. – СПб. : Питер, 2013. – 704 с.

3. Главная. BaseGroup Labs. Технологии анализ данных [Электронный ресурс]. – URL: https://basegroup.ru/

4. Яковлев, В. Б. Методы автоматизации бизнес-процессов в Deductor Studio : учебное пособие / В. Б. Яковлев. – М. : ОнтоПринт, 2019. – 228 с.

Вычислительные процедуры анализа модели предприятия

А. Ф. Ерешко, email: asprs@yandex.ru
А. Н. Сытов, email: an-sytov@yandex.ru
А. В. Вахранев, email: anton22255@yandex.ru

Вычислительный Центр ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *Рассматривается модель динамики предприятия с системных позиций. Анализируются правила формирования стратегий управления в аналитическом виде и в результате вычислительных экспериментов. Используются технологии моделирования, которые продолжают традиции рассмотрения процессов принятия решений с точки зрения теории исследования операций. Базовым приёмом выступает организация вычислительных экспериментов на основе прямой и обратной прогонки систем уравнений динамики производственных процессов.*

Ключевые слова: *динамика, модель предприятия, исследование операций, математическое программирование, вычислительные алгоритмы.*

Введение

В настоящее время основным трендом экономического развития выступает цифровизация экономики и всего общества. Проводимая масштабная цифровизация технологий приводит к формированию Цифровых платформ (ЦП).

В программе развития цифровой экономики Российской Федерации до 2035 года ЦП определяется следующим образом.

1. Модель деятельности (в том числе бизнес-деятельности) заинтересованных лиц на общей платформе для функционирования на цифровых рынках.

2. Площадка, поддерживающая комплекс автоматизированных процессов и модельное потребление цифровых продуктов (услуг) значительным количеством потребителей.

3. Информационная система (ИС), ставшая одним из лидирующих решений в своей технологической нише (транзакционной, интеграционной и т.п.).

Основным инструментом исследований и последующего проектирования ЦП, выступают математическое моделирование, информационное обеспечение и алгоритмы вычислительных процедур.

© Ерешко А. Ф., Сытов А. Н., Вахранев А. В., 2021

Далее рассматриваются приложения общих теоретических установок к анализу моделей предприятий, имеющих сложную иерархическую систему управления.

1. Теория исследования операций и системный анализ – фундаментальные основания управления развитием экономики

В работах школы академика Моисеева Н.Н и проф. Гермейера Ю.Б. была разработана комплексная методология принятия решений в социально-экономических системах. Придавалось большое значение разработке различных процедур согласования интересов и взаимодействий в иерархических системах в рамках информационной теории иерархических систем и теории игр с непротивоположными интересами [1-3]. Проблема централизации – децентрализации рассмотрена в [4].

В области моделирования и вычислительных прикладных разработок по проблемам развития социально-экономических систем задачи принятия решений эффективно исследовались на основе теории линейных производственных процессов и подходов линейного программирования, что предполагало использование гипотезы В.В. Леонтьева о постоянстве норм затрат на выпуск продукции в процессе производства. В настоящее время, вследствие расширения экономических связей и диверсификации производства, гипотеза В.В. Леонтьева заменена гипотезой о постоянстве структуры финансовых затрат в процессе производства товаров и услуг с учётом их отраслевой дифференциации. Эта гипотеза соответствует допущению, что производитель фиксирует пропорции своих расходов, в рамках которых в зависимости от ценовой конъюнктуры осуществляет материальные затраты, варьируя качество приобретаемых товаров и услуг. В отличии от «леонтьевских» отраслевых производственных функций с постоянными пропорциями ей соответствуют производственные функции типа Кобба-Дугласа [5].

2. Подход к построению базовой модели производственно-экономической деятельности организаций

В экономико-математическом моделировании [6-8] активно разрабатывался подход к формальному описанию производственно-экономического взаимодействия на уровне предприятий (организаций).

Опираясь на опыт этих разработок, предлагается принять описание предприятия в виде следующей Базовой модели, включающей следующие основные блоки.

Материальный баланс. Блок «Производство»: X_k^p – запасы продуктов на начало шага t (вектор соответствующей размерности).

Следующие переменные относятся к шагу t: z_k^p – выпуск продуктов; $\mathbf{y}_k^{p,\varphi}$ – количество продуктов, идущих на создание производственных фондов (фондообразующие продукты); $y_k^{p,p}$ – количество продуктов идущих непосредственно на производство (сырьевые продукты); $x_k^{p,+}$ – количество продуктов поступающих на предприятие; $x_k^{p,-}$ – количество продуктов уходящих с предприятия. Тогда динамика количества продуктов предприятия описывается следующим конечно-разностным уравнением:

$$X_k^p(t+1) = X_k^p(t) + x_k^{p,+}(t) + z_k^p(t) - x_k^{p,-}(t) - y_k^{p,p}(t) - \\ - y_k^{p,\varphi}(t), X_k^p(1) = X_k^{p,0}. \quad (1)$$

Блок «Производственные фонды»: $X_k^\varphi(t)$ – количество производственных фондов на начало шага t (вектор соответствующей размерности), $z_k^\varphi(t)$ – производственные фонды, созданные на шаге t. Динамика количества производственных фондов:

$$X_k^\varphi(t+1) = X_k^\varphi(t) + z_k^\varphi(t), X_k^\varphi(1) = X_k^{\varphi,0}. \quad (2)$$

Блок «Труд»: $X_k^l(t)$ численность сотрудников различных специальностей на начало шага t (вектор размерности); $x_k^l(t)$ – изменение численности персонала предприятия на шаге t.

$$X_k^l(t+1) = X_k^l(t) + x_k^l(t) \quad (3)$$

Пусть u_k^p – вектор интенсивностей процессов производства, а u_k^φ – вектор интенсивностей процессов создания фондов. Запишем линейные соотношения, описывающие выпуск продукции и создание производственных фондов:

$$z_k^p(t) = A_k^p(t) \cdot u_k^p(t), B_k^p(t) \cdot u_k^p(t) \le q_k^p(t), \quad (4)$$

$$z_k^\varphi(t) = A_k^\varphi(t) \cdot u_k^\varphi(t), B_k^\varphi(t) \cdot u_k^\varphi(t) \le q_k^\varphi(t), \quad (5)$$

$$q_k^p(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,p}(t), X_k^l(t), X_k^\varphi(t)\right), \\ q_k^\varphi(t) = \left(\mathbf{y}_k^{p,\varphi}(t), X_k^l(t), X_k^\varphi(t)\right). \quad (6)$$

Здесь A_k^p, A_k^φ – матрицы удельных норм выпуска продукции и создания фондов; B_k^p, B_k^φ – матрицы удельных затрат выпуска продукции и создания фондов. Также мы ввели обозначения $q_k^p(t)$ и

$q_k^{\varphi}(t)$ для векторов ресурсов, необходимых соответственно для производства продукции и создания фондов на шаге t.

Замечание. В данной записи использована производственная функция Леонтьева. В случае использования производственной функции Кобба-Дугласа в соотношениях модели будет принята зависимость вида:

$$F_i\left(t, q^p(t)\right) = a_i \cdot \prod_{i \in I^p} \left(y_i^{p,p}(t)\right)^{\alpha_i} \prod_{r \in R^p} \left(X_r^l(t)\right)^{\alpha_r} \prod_{j \in J^p} \left(X_j^f(t)\right)^{\alpha_j} \quad (7)$$

Финансовый баланс. $Q_k^{p,-}$ – поступления денежных средств в качестве оплаты за продукты, уходящие с предприятия; $Q_k^{p,+}$ – оплата приходящих на предприятие продуктов; Q_k^l – оплата труда сотрудников предприятия; $U_k^{p,+}$ – балансовая стоимость продуктов приходящих на предприятие; $U_k^{p,z}$ – балансовая стоимость произведенных продуктов; $U_k^{p,-}$ – балансовая стоимость продуктов уходящих с предприятия; $U_k^{p,p}$ – балансовая стоимость продуктов идущих на производство; $U_k^{p,\varphi}$ – балансовая стоимость продуктов идущих на создание производственных фондов; $U_k^{\varphi,-}$ – амортизация производственных фондов, $H_k^c(t)$ – заимствования предприятия по ставке $\gamma_k(t)$.

Следующие переменные относятся к началу шага $t: M_k$ – касса предприятия; S_k^p – товарные запасы; S_k^{φ} – основные фонды; A_k – активы предприятия; L_k – обязательства; E_k – собственный капитал;

$$\begin{aligned} &M_k(t+1) = M_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + H_k^c(t) - Q_k^{p,+}(t) - \\ &-Q_k^l(t) - \left(1 + \gamma_k(t-1)\right) \cdot H_k^c(t-1), M_k(1) = M_k^0; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &S_k^p(t+1) = S_k^p(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) - U_k^{p,-}(t) - \\ &-U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,\varphi}(t), S_k^p(1) = S_k^{p,0}, S_k^p(1) = S_k^{p,0}; \end{aligned} \quad (9)$$

$$S_k^{\varphi}(t+1) = S_k^{\varphi}(t) + U_k^{\varphi,z}(t) - U_k^{\varphi,-}(t), S_k^{\varphi}(1) = S_k^{\varphi,0}; \quad (10)$$

$$\begin{aligned} &A_k(t+1) = A_k(t) + M_k(t+1) - M_k(t) + S_k^p(t+1) - \\ &-S_k^p(t) + S_k^{\varphi}(t+1) - S_k^{\varphi}(t), A_k(1) = A_k^0; \end{aligned} \quad (11)$$

$$L_k(t+1) = L_k(t) + H_k^c(t) - H_k^c(t-1), L_k(1) = L_k^0; \quad (12)$$

$$E_k(t+1) = E_k(t) + Q_k^{p,-}(t) + U_k^{p,+}(t) + U_k^{p,z}(t) +$$
$$+U_k^{\varphi,z}(t) - Q_k^{p,+}(t) - U_k^{p,p}(t) - U_k^{p,-}(t) - -U_k^{p,\varphi}(t) - \quad (13)$$
$$-Q_k^l(t) - \gamma_k(t-1)\cdot H_k^c(t-1) - U_k^{\varphi,-}(t), E_k(1) = E_k^0.$$

Задача оптимизации в Базовой модели. Возможны различные постановки оптимизационных (централизация) и теоретико-игровых задач (децентрализация), одной из простейших может быть следующая. Выберем в качестве управления переменные $x_k^{p,+}(t)$, $y_k^{p,p}(t)$, $y_k^{p,\varphi}(t)$, $x_k^{p,-}(t)$, $u_k^p(t)$, $u_k^\varphi(t)$, $H_k^c(t)$, $t = 1,...,T$ и рассмотрим задачу $E_k(T+1) \to \max$ (максимизация конечного капитала), при условии неотрицательности управляющих и фазовых переменных $X_k^p(t)$, $M_k(t)$, $t = 2,...,T+1$, а также с учетом ограничений по ресурсам для выпуска продукции и создания производственных фондов, которые описываются соответствующими линейными неравенствами.

Предлагается далее в Базовой модели использовать расширение данного описания путём учёта связей между агентами технологического графа, производственных функций организаций, дополнения описанием развития мощностей и формулировками задач принятия решений с учётом неопределённостей и рисков для построения общей системы математического обеспечения принятия решений производственным комплексом.

3. Оценка значения капитала методами прогонки

Для того, чтобы оценить конечный капитал $E_k(T+1)$, при расчёте состояний модели, естественно использовать методы прямой прогонки из начального состояния:

$$\theta_j(1) = \begin{bmatrix} x_k^{p,+}(1), y_k^{p,p}(1), y_k^{p,\varphi}(1), x_k^{p,-}(1), \\ u_k^p(1), u_k^\varphi(1), H_k^c(1), q_k^p(1), q_k^\varphi(1) \end{bmatrix}, \quad (14)$$

используя управления, выбор переменных на каждом шаге $t = 1,...,T$:

$$\pi_l(t) = \begin{bmatrix} x_k^{p,+}(t), y_k^{p,p}(t), y_k^{p,\varphi}(t), x_k^{p,-}(t), \\ u_k^p(t), u_k^\varphi(t), H_k^c(t) \end{bmatrix}; \quad (15)$$

и рассчитывая $E_k(t)$ после каждого шага $t = 1,...,T$ согласно уравнению (13). Ресурсы, запасы и активы модели также пересчитываются на каждом шаге t и учитывают изменения на шаге $t-1$.

Procedure evaluteCapital{
Input: $t=1$ – шаг алгоритма,
T – горизонт планирования,
$\theta_j(1)$ - заданное начальное состояние модели;
Output: $\left\{\left[\left\langle \pi_k(1),\pi_k(2),...,\pi_k(T)\right\rangle, E_k(T+1)\right]\right\}_k$ – наборы управления и соотв. значение конечного капитала на шаге $T+1$;
If ($t>T$){ record $\left\{\left[\left\langle \pi_k(1),\pi_k(2),...,\pi_k(T)\right\rangle, E_k(T+1)\right]\right\}_k$
}else{ // выбираем управление
For($\pi_l(t)\in\{\pi_i(t)\}$){calculate $E_k(t)$
evaluteCapital(t+1)}}
}

Процедура evaluteCapital() позволяет построить область значений для $E_k(T+1)$. Если задать область определения для начального состояния модели $\theta_j(1)$, можно найти локальный максимум $E_k(T+1)$ и последовательность оптимального управления $\langle \pi_k(1),\pi_k(2),...,\pi_k(T)\rangle$ для его достижения.

Procedure findLocalMax(){
Input: $\{\theta_j(1)\}$ - начальные состояния модели,
T – горизонт планирования;
Output: $E^*{}_k(T+1)$ – макс. значение конечного капитала,
$\left(\theta_j^m,\left\langle \pi_j^m(1),...,\pi_j^m(T)\right\rangle\right)^*$ – оптимальное управление;
For($\theta_j(1)\in\{\theta_y(1)\}$){
$E_j^m(T+1)=\max\left(evaluteCapital(\theta_j(1),T)\right)$
$\left(\theta_j^m,\left\langle \pi_j^m(1),...,\pi_j^m(T)\right\rangle\right)=which\max\left(evaluteCapital(\theta_j(1),T)\right)$}
Return $E_k^*(T+1)=\max E_j^m(T+1)$,
$\left(\theta_j^m,\left\langle \pi_j^m(1),...,\pi_j^m(T)\right\rangle\right)^*=which\max E_j^m(T+1)$}

4. Постановка задач математического программирования для модели

Для решения задач управления к настоящему времени разработаны различные подходы математического программирования: линейного, нелинейного (выпуклого), динамического программирования.

При использовании методов линейного программирования на каждом шаге прямой прогонки мы решаем следующую задачу по оптимизации линейного критерия при линейных ограничениях:

$$(c,x) \to \max, Ax \le b, x \subset E_n^+ \tag{16}$$

или в развёрнутой форме

$$\sum_{i=1}^{n} c_i x_i \to \max, \sum_{i=1}^{n} a_{i,j} x_i \le b_j, j = 1,...,m, x_i \ge 0, i = 1,...,n. \tag{17}$$

Модель линейного программирования стандартного вида широко используется в задачах планирования распределения ресурсов предприятия. Параметры модели трактуются в рамках гипотезы Леонтьева. Для завершения описания модели предполагаем, что система ограничений совместна, т.е. существует такой вектор $x_0 \ge 0$, что $Ax_0 < b$. С формальной точки зрения для анализа описанной модели весьма плодотворной оказалась идея введения функции Лагранжа

$$L(x,\lambda) = (c,x) + (\lambda, b - Ax) = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j (b_j - \sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i) \tag{18}$$

где $\lambda_j \ge 0$, $j = 1,...,m$ компоненты вектора λ, носят название множителей Лагранжа и имеют несколько интерпретаций.

Принимаем здесь, что имеет место следующий формальный факт, на который будут опираться итеративные процедуры. Предполагается, что для описанной задачи линейного программирования существуют ограниченные множества $X \subset E_n^+$ и $\Lambda \subset E_m^+$, такие, что

$$X = \left\{ x \subset E_n^+ \middle| 0 \le x_i \le \xi_i \right\}, \Lambda = \left\{ \lambda \subset E_m^+ \middle| 0 \le \lambda_i \le \eta_j \right\}. \tag{19}$$

Тогда $\max\limits_{x \subset X} \min\limits_{\lambda \subset \Lambda} \left[(c,x) + (\lambda, b - Ax) \right] = \min\limits_{\lambda \subset \Lambda} \max\limits_{x \subset X} \left[(c,x) + (\lambda, b - Ax) \right]$, т.е. операции max и min функции Лагранжа перестановочны.

Этот факт существования седловой точки функции Лагранжа позволяет применить для поиска решения сформулированной задачи эффективные, имеющие ясную содержательную трактовку, итеративные алгоритмы [9].

К настоящему времени разработан большой спектр прикладных пакетов линейного программирования. Практическое использование пакета ЛП из сервиса МАТЕМАТИКА на контрольных примерах в описанной модели предприятия в нашем случае продемонстрировало вполне достаточную эффективность пакета и его пригодность для вычислительных экспериментов.

В задачах выпуклого программирования формальная запись для модели принятия решений имеет вид

$$f(x) \to \max, g(x) \le b, x \ge 0. \quad (20)$$

Здесь $f(x)$ - скалярная функция цели предприятия, вектор-функция $g(x)$ описывает потребность в ресурсах, которая формируется некоторой активностью производства предприятия, переменная $x \ge 0$ численно отражает производственную активность в деятельности предприятия, ограничение $g(x) \le b$ отражает наличие ограниченного набора ресурсов, описываемых вектором с.

Примем условия, что в рассматриваемой задаче оптимизации

$$f(x) \to \max, g(x) \le b, x \subset E_n^+, b \subset E_m^+, \quad (21)$$

функции $f, g^i, i = 1,...,m$ выпуклы и существует точка $x^0 \subset E_n^+$ в которой $g(x^0) < b$.

Тогда используя тот же прием, что и в линейном случае, с использованием седловой точки функции Лагранжа для вычислительных экспериментов можно построить вполне эффективные итеративные алгоритмы по технологиям расчётов на основе прямой прогонки.

В основе метода динамического программирования лежит принцип оптимальности, сформулированный Р. Беллманом, который гласит: каким бы образом управляемая система не оказалась в текущем состоянии, дальнейшее управление должно выбираться из условия оптимальности на дальнейших шагах.

Это принцип позволяет выписать уравнение Беллмана справа налево, от конечного шага принятия решений к первому, что может рассматриваться при вычислительной реализации как обратная прогонка.

Для нашего случая модели предприятия динамическая система и соответствующая задача оптимизации выписывается в общем виде, как аддитивная система $x(t+1) = x(t) + f(x(t), u(t))$, где u принадлежит множеству U при терминальном критерии $F(x(T))$.

Тогда на шаге $(T-1)$ уравнение Беллмана в соответствии с указанным принципом оптимальности выглядит следующим образом

$B\left(x\left(T-1\right)\right)=\max\limits_{u\left(T-1\right)}F\left(x\left(T\right)\right)$, где $B\left(x\right)$ – функция Беллмана, $x\left(T\right)=x\left(T-1\right)+f\left(x\left(T-1\right),u\left(T-1\right)\right)$, и так далее для всех функций Беллмана на промежуточных шагах $B\left(x\left(t-1\right)\right)=\max\limits_{u\left(t-1\right)}B\left(x\left(t\right)\right)$,

$x\left(t\right)=x\left(t-1\right)+f\left(x\left(t-1\right),u\left(t-1\right)\right)$.

Если бы можно было считать, что все шаги независимы, тогда оптимальным управлением было бы управление, которое обеспечивало максимальный выигрыш на каждом шаге функции $F(x(t+1))$. В вычислительном отношении это реализуемо выше приведенной прямой прогонкой. Такой подход носит название локально-оптимальной оптимизации, и он часто используется как первое приближение в процессе вычислительных экспериментов для общей нелинейной динамической задачи.

Однако в общей нелинейной динамической системе следует учитывать, что для многошаговых моделей управление на каждом конкретном шаге стоит выбирать с учетом его будущих воздействий на весь процесс.

При практической реализации процедур вычислительных экспериментов множество возможных фазовых состояний представляется в виде набора дискретных значений с соответствующей модификацией уравнений Беллмана.

Заключение

При разработке моделей поддержки принятия решений по управлению развитием реального предприятия целесообразно выработать единообразную системную методологию построения, ориентированную на поддержку принятия различных решений (производственно-технологические, кадровые, финансовые, логистические, маркетинговые, организационные, плановые и оперативные). Такая методология требует использования арсенала математических методов системного анализа, в рамках которого могут использоваться все конструктивные наработки экономико-математического моделирования.

Использование процедур моделирования при управлении на основе возможностей современных информационных технологий обеспечит повышение обоснованности, а также значительное сокращение временных и финансовых затрат на принятие рациональных управленческих решений в сфере управления предприятием. развития экономики.

Список литературы

1. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Прикладная математика»/ Н. Н. Моисеев. – 1-е изд.– М. : Наука, 1981. – 488 с.

2. Гермейер, Ю. Б. Введение в теорию исследования операций – М. : Наука. 1971. – 384 с.

3. Ватель, И. А. Игры с иерархической структурой / И. А. Ватель, Ф. И. Ерешко // Математическая энциклопедия. – М. : 1979. – Т. 2. – С. 478-482.

4. Горелов, М. А. Информированность и децентрализация управления / М. А. Горелов, Ф. И. Ерешко // Автоматика и телемеханика. – 2019. – № 6. – С. 156-172. DOI: 10.1134/S0005231019060096.

5. Шананин, А. А. Двойственность по Янгу и агрегирование балансов / А. А. Шананин // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления. –2020. – Т. 493. – С. 81-85. DOI: 10.31857/S2686954320040177

6. Иванов, Ю. Н. Теоретическая экономика. Теория оптимального предприятия // Ю. Н. Иванов, Р. А. Сотникова. – М.: ЛЕНАНД, 2012. – 224 с.

7. Сытов, А. Н. Имитационные эксперименты с общей финансовой моделью жилищной коалиции / А. Н. Сытов // Вторая международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем». MLSD'2008. – Доклады. ИПУ РАН, 1-3 октября 2008 г. – Т. 2. – С. 136-138.

8. Ерешко, Ф. И. Модель финансовой Коалиции в динамике / Ф. И. Ерешко // Автоматика и Телемеханика. –2018. – № 10. – С.76-94.

9. Итеративные методы в теории игр и программировании. Под ред. В. З. Беленького и В. А. Волконского. – М.: Наука, 1974. – 239 с.

Онтологические проблемы формирования цифровых платформ АПК

В. И. Меденников[1], email: dommed@mail.ru,
В. В. Кульба[2], email: kulba@ipu.ru
[1] ФИЦ ИУ РАН
[2] ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН

Аннотация. *Рассмотрены идущие в мире в сельском хозяйстве межотраслевые интеграционные процессы формирования специализированных цифровых подплатформ: первичного сбора и накопления данных и прикладных приложений, необходимым условием которых является онтологическое моделирование их предметных областей знаний. Показаны результаты моделирования в этих целях математической модели формирования единой цифровой платформы.*

Ключевые слова: *цифровая платформа, онтологические модели, цифровая экономика, сельское хозяйство, информационные ресурсы.*

Введение

Если до последнего времени у понятия цифровой платформы (ЦП) были слишком общие и размытые формулировки, определяемые через призму их функционального назначения и понимаемые в основном как площадку для новых форм платежей и коммуникаций с потребителями, исключающей новые формы управления и экономических отношений, то в последние годы уже в сфере производства начался процесс кристаллизации данного понятия, позволяющего перейти к вполне формализуемым определениям цифровой платформы.

Так в [1] показано, что, например, в сельском хозяйстве в последние 2-3 года складываются две специализированные подплатформы: подплатформы-агрегаторы сельскохозяйственной информации или подплатформы для первичного сбора и накопления данных и прикладные подплатформы-приложения. Между этими двумя подплатформами реализуется интенсивный двусторонний обмен данными, что требует онтологического моделирования данных и приложений как среди хозяйств, так и среди смежных отраслей. Показано, что указанное взаимодействие возможно только на базе применения соответствующих облачных подплатформ и сервисов, поскольку только в этом случае они становятся доступными для хозяйств всех размеров, а не только для наиболее крупных. Появление таких цифровых сервисов создает необходимые предпосылки для

© Меденников В. И., Кульба В. В., 2021

кардинального повышения эффективности и снижения рисков в отрасли, причем для всех участников цепочки создания добавленной стоимости, включая поставщиков ресурсов, потребителей продукции и логистических организаций, что скажется на взаимоотношениях между производителями и партнерами цепочки добавленной стоимости за счет реализации облачных технологий модели прямых продаж, когда производитель «видит» всех участников цепочки, вплоть до конечного потребителя, соответственно, сроки, объем и номенклатуру спроса. После чего на основе математических моделей планирует производство ровно в том объеме и в те сроки, какие требуются потребителю, а в дальнейшем поставки продукции будут происходить на базе облачных технологий в режиме автоматического обмена данными между партнерами логистической цепочки с минимизацией посредников. По мнению же французских экспертов, внедрение таких новых цифровых технологий (ЦТ) в любое производство позволяет перейти к новому типу производственных предприятий: от фазы контроля качества после фазы производства к принципу текущего контроля всех операций. Это позволит осуществить предиктивный принцип построения сельскохозяйственного производства, основанный на глубоком анализе всей совокупности данных о колебаниях спроса и предложения, возможностях, наличии ресурсов, финансировании и других не менее важных составляющих всей цепочки производства-потребления.

Поскольку у нас в стране в части инноваций принято равняться на опыт развитых стран, то необходимо проанализировать состояние, тенденции цифровизации АПК, необходимые условия для эффективной реализации указанных выше двух специализированных цифровых подплатформ с математической формализацией их формирования.

1. Анализ цифровых платформ

Для начала рассмотрим различные определения ЦП. В рыночном подходе специалисты Intel определяют платформу, 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» [2]. Европейская экономическая комиссия определяет онлайн-платформы, как «поисковые системы, социальные сети, платформы для электронной коммерции, магазины покупки приложений, сайты сравнения цен» [2].

J. P. Morgan [2] 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.

В России же, хотя нет условий для рыночного формирования зрелой цифровой экономики (ЦЭ), ЦП определяют аналогичным образом. Так, в программе развития цифровой экономики Российской Федерации до 2035 года цифровая платформа определяется следующим образом.

1.1. Модель деятельности (в том числе бизнес-деятельности) заинтересованных лиц на общей платформе для функционирования на цифровых рынках.

1.2. Площадка, поддерживающая комплекс автоматизированных процессов и модельное потребление цифровых продуктов (услуг) значительным количеством потребителей.

1.3. Информационная система (ИС), ставшая одним из лидирующих решений в своей технологической нише (транзакционной, интеграционной и т.п.).

Вице-президент ПАО «Ростелеком» Б.М. Глазков определяет ЦП: «Цифровая платформа – это система алгоритмизированных взаимовыгодных взаимоотношений значимого количества независимых участников отрасли экономики (или сферы деятельности), осуществляемых в единой информационной среде, приводящая к снижению транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными и изменения системы разделения труда» [2]. Данное определение в значительной степени годится для социальных сетей, но не для производственных отраслей.

Такое прямолинейное следование западному пониманию ЦЭ и ЦП несет большую угрозу, поскольку позволяет очень широкую трактовку данных понятий, как уже упоминалось выше. Так, например, не позволяет определиться с необходимым количеством, направлением и уровнем подготовки/переподготовки специалистов для ЦЭ [3].

В программе "Цифровая экономика Российской Федерации" ставится цель создания не менее 10 ЦП, однако не приводятся критерии их формирования и эффективные оценки. Особенно это касается ЦП для управления производственной экономикой. Создается впечатление, что разработчики программы специально обошли вниманием данную проблему, поскольку понимали, что детализация формирования отраслевых ЦП потребует их интеграции с переходом на единую ЦП

страны, следствием чего будет серьезная трансформация госкорпораций, вплоть до их ликвидации. Вывод является следствием теории комплементарности Милгрома и Робертса – инвестирование в ЦЭ связано со значительными вложениями на изменение как организационного, так и человеческого капиталов [4]. Поэтому неудачей закончилась специальная стратсессия в Агентстве Стратегических Инициатив 18.02.2018г. по онтологическому моделированию различных отраслей в силу сильных корпоративных отраслевых интересов и отличий понимания данной проблемы.

Стратегически к такому положению, когда каждая отрасль, каждое предприятие разрабатывали ИС, исходя из собственных представлений о системе управления, соответственно, собственных онтологических моделях предметных областей, привел отказ в свое время от проекта общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством в СССР (ОГАС), предложенного А.И. Китовым и В.М. Глушкова [5]. Данный проект предполагал разработку единой системы сбора и анализа статистической и учетной отчетности, разработку унифицированных типовых ИС, в бизнесе, науке и образовании, то есть предполагал формирование единой ЦП страны, включающей в себя как раз указанные выше две специализированные подплатформы. Данный подход требует межотраслевых интеграционных процессов. Ставка же на госкорпорации в деле цифровизации страны порождает своеобразный цифровой феодализм, который проявляется и в АПК.

Это, например, продолжающееся доминирование позадачного подхода к цифровизации отрасли, в частности, заложенного Минсельхозом в концепцию национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство», в которой в основном закладывается разработка подплатформ лишь для нужд самого Министерства с многократным дублированием ввода информации, без интеграции различных информационных потоков со значительным цифровым разрывом как по вертикали, так и по горизонтали. Разработка же ИС отдана на откуп различным региональным компаниям без формирования необходимых стандартов, необходимость которых продиктована всем ходом эволюции компьютеризации, электронизации, информатизации, цифровизации общества [6]. Точно также в концепции ни слова не говорится о трансформации технологий процессов управления производством на всех уровнях. Более того, при каждом новом обследовании министерства из года в год повторяются одни и те же управленческие задачи для всех департаментов.

Такой подход к формированию программных документов по ЦЭ повлек за собой ряд негативных последствий, в частности, породил иллюзию о ненужности научных организаций, комплексно с системных позиций занимающихся цифровизацией общества, экономики и науки. Так, ни на одном из совещаний по обсуждению указанной программы не было официального представителя РАН. Неудивительно, что и в самой программе не нашлось места РАН. Да и сама академия от современной постановки решения проблематики ЦЭ страны отходит всё дальше и дальше, а о системном академическом подходе, как видно из всех публикаций, речи вообще не идет. А ведь системный подход к реализации программы требует утверждения единого генерального конструктора (архитектора) ее с соответствующим научным и технологическим сопровождением, подобно Королеву С.П. в космической отрасли. Дошло до того, что, как отмечается в [7]: «Во многих сферах применения информационных технологий упоминание причастности РАН к какому-либо проекту уже просто дискредитирует проект в глазах сообщества IT-специалистов».

Вслед за Минсельхозом учеными-аграрниками, очень далекими от информатизации, но жаждущими приобщиться к ЦЭ, в [8] предлагается также позадачный подход к научно-технологическому развитию цифрового сельского хозяйства «умное сельское хозяйство». Так, рассматриваются отдельные направления, такие, как «Умное землепользование», «Умное поле», «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма» без разработки единой архитектуры, онтологического моделирования на принципах интеграции информационных ресурсов (ИР), без учета мировых тенденций в области цифровизации сельского хозяйства в виде создания системы управления информацией, т.е. сбора, обработки, хранения и распространения необходимых данных на основе повсеместной интеграции разрозненных данных в единую систему. Более того, утверждается, что «экспертная команда программы цифровой экономики полагает, что в рамках цифровой трансформации должно создаваться множество информационных платформ», что в корне противоречит мировым интеграционным процессам, рассмотренным выше. В [2] показано на основе математической модели, что при таком подходе будет потенциально получено около 5 млн. ЦП только в растениеводстве.

В результате, с молчаливого согласия РАН, Минсельхоза в свое время был ликвидирован Всероссийский научно-исследовательский институт кибернетики АПК (ВНИИК), а накануне принятия Программы и с согласия ФАНО в институте аграрных проблем и информатики (ВИАПИ) с подачи директора была закрыта тематика исследований по

ЦЭ АПК. Однако, в условиях значительного совершенствования и удешевления ИКТ, микроэлектроники, сельскохозяйственной техники, формирования глобальных систем позиционирования резко расширился круг решаемых задач в аграрной науке. В этой ситуации роль ВНИИК, как инновационного центра, наоборот, возрастает, поскольку такие центры обязаны брать на себя функции интегратора (генерального конструктора) информационных ресурсов (ИР) и ИС, используемых как наукой, так и бизнесом с онтологическим моделированием предметных областей, а также функции ускорения трансфера ИС в производство. На рис. 1 представлена схема новых взаимоотношений науки, инновационных центров и бизнеса в ЦЭ.

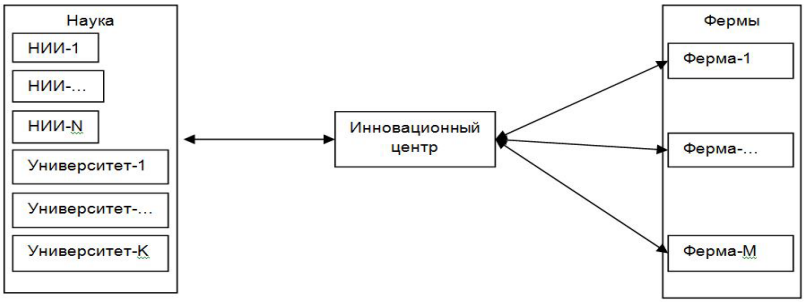


Рис. 1. Схема взаимоотношений, инновационных центров и бизнеса

К подобной схеме взаимоотношений в ЦЭ сельского хозяйства пришли в Великобритании, исходя из амбициозности поставленной цели «создавать новые цифровые технологии, в том числе в сельском хозяйстве и экспортировать их по всему миру» [1]. Для реализации этой цели в Великобритании создана с большим объемом финансирования госпрограмма «Трансформация производства продовольствия: от с/х фермы до тарелки», одним из механизмов которой для ускорения трансфера научных разработок в производство является создание центров инновационных разработок.

В настоящее время научные организации и предприятия АПК России вынуждены взаимодействовать в ЦЭ напрямую. Но это слишком дорого и, практически, невозможно в силу позадачного проектирования и разработки ИС. Во-первых, на предприятиях эксплуатируются в большинстве своем оригинальные ИС, несовместимые друг с другом. Во-вторых, научные организации редко используют СУБД и инструментальные программные средства, если вообще используют,

совместимые онтологически и функционально с программным обеспечением, применяемым фирмами-разработчиками для внедрения коммерческих ИС на предприятиях АПК. В-третьих, научные организации не имеют квалифицированных кадров в силу разных причин. В такой ситуации только в растениеводстве потенциально получим 4800000 ИС [2]. Страна такого бремени не выдержит. Кроме того, такой тупиковый подход делает невозможным межотраслевую интеграцию и ИР и ИС, которая повсеместно начинает развиваться в развитых странах, как указывалось выше.

2. Математическая модель формирования цифровых платформ

Обобщая вышеприведенные описания состояния и тенденций цифровизации сельского хозяйства в мире и в России, формализуем процесс формирования единой ЦП АПК страны, исходя из собственного определения ЦП.

ЦП управления экономикой – совокупность упорядоченных цифровых данных на основе онтологического моделирования; математических алгоритмов, методов и моделей их обработки и программно-технических средств сбора, хранения, обработки и передачи данных и знаний, оптимально интегрированных в единую информационно-управляющую систему, предназначенную для управления целевой предметной областью с организацией рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов.

Под структурой системы управления будем понимать организационную совокупность ее взаимосвязанных элементов, определяющих их место как в чисто физическом, так и технологическом смысле. Под проектированием структуры ЦП понимается процесс построения взаимосвязей элементов структуры управления и самих элементов в соответствии с заданными критериями эффективности в целом.

Рассматривается система, состоящая из множества узлов управления j (например, федеральных и региональных министерств, ведомств, предприятий, их подразделений), множества задач K, связанных с обработкой данных, размещаемых в дата-центрах, ситуационных центрах (СЦ), кластеров данных L, типов связи R. Процесс управления предполагается периодически с периодом T, и все операции расчетов, передачи данных и т.д. усреднены по времени. Будем считать, что любая задача может решаться в любом узле, в том числе разбиваться по этим узлам. Для решения задач используются некоторые обобщенные технические средства.

Математическая модель

k – номер задачи, $k \in K$;

l – номер группового информационного элемента, $l \in L$;

j – номер узла управления, $j \in J$;

f_{klj}^{e} – средние характеристики (объем информации; временные, частотные требования и т.д.) на информацию l-ой группы, необходимый для задачи k, возникающий в узле j, $e \in E$;

$x_{jk} = 1$, если k-я задача решается в узле j, 0 – иначе;

$\alpha_{klj} = 1$, если l-я группа возникает в узле j для k-й задачи, 0 – иначе;

$y_{lj_1j_2r} = 1$, если информация из l-й группы передается из j_1- го узла в j_2- й посредством r-го средства связи;

d_{mjk} – необходимые ресурсы m-го типа для решения k-й задачи в j-м узле;

M_m – m-е ресурсы оборудования;

$s_{lj_1j_2r} = 1$, если r-й тип связи используется для передачи l-й группы из j_1- го узла в j_2 - й;

G_r^e – характеристики средств связи; c_j^1 – стоимость единицы оборудования в j-м узле; $c_{j_1j_2r}^2$ – стоимость r-го средства связи при передаче информации из j_1 в j_2 ; $c_{j_1j_2r}^3$ – затраты на передачу единицы информации из j_1 в j_2 ; c_{mjk}^4 – стоимость m-го ресурса для решения k-й задачи в j-м узле; c_k^5 – обобщенная стоимость k-й задачи; c^0 – средства, выделенные на разработку ЦП;

Ограничения на размещение задач по узлам и техническим средствам:

$$\sum_j x_{jk} \geq 1, \qquad k \in K^3 \in K, \tag{1}$$

то есть k-я задача должна быть решена хотя бы в одном узле;

$$x_{jk} \geq 1, \quad j \in J_1, \quad k \in K^4 \in K, \tag{2}$$

т. е. некоторые задачи из множества K должны быть обязательно решены в некоторых узлах $j \in J_1$;

Условия передачи информации из узла j_1 в узел j_2 :

$$\sum_r y_{lj_1j_2r} = \sum_k a_{klj_1} x_{j_2k}, \quad j_1 \neq j_2 . \tag{3}$$

Информация передается из узла j_1 в узел j_2, когда она возникает в узле j_1 и используется в узле j_2 для задачи k;

$$\sum_r y_{lj_1j_2r} \le 1, \tag{4}$$

информация передается одним средством связи.

Ограничение на загрузку оборудования:

$$\sum_{jk} d_{mjk} x_{jk} \le M_m. \tag{5}$$

Ограничения на каналы связи:

$$\sum_{l,k} y_{lj_1j_2r} f^e_{klj_2} \le G^e_r s_{j_1j_2r}. \tag{6}$$

Финансовые ограничения на инвестиции:

$$\sum_{j,k} c^1_j x_{jk} + \sum_{j_1,j_2,r} c^2_{j_1j_2r} s_{j_1j_2r} + \sum_{j,k} c^5_k x_{jk} \le c^0. \tag{7}$$

Критерий эффективности:

$$\sum_{j,k} c^1_j x_{jk} + \sum_{j_1,j_2,r} c^2_{j_1j_2r} s_{j_1j_2r} + \sum_{j_1,j_2,r} c^3_{j_1j_2r} f^e_{klj_2} y_{lj_1j_2r} + \\ + \sum_{m,j,k} c^4_{mjk} d_{mjk} x_{jk} + \sum c^5_k x_{jk} \to \min. \tag{8}$$

Представленная в работе модель распределяет в пределах выделенных финансовых ресурсов информационные средства и решаемые задачи по узлам управления, определяет при необходимости инвестиции в телекоммуникационные средства с оптимизацией информационных потоков. Для дальнейшего формирования ЦП в силу недостатка места отсылаем читателей к работе [6].

Заключение

Одним из результатов моделирования ЦП является научно обоснованный расчет потребности в необходимых специалистах для ЦЭ. Другим результатом являются единые цифровые стандарты: на онтологические модели информационных ресурсов первичного учета в сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятиях АПК, а также прочих потребителей продукции, поставщиков ресурсов и логистических организаций; на концептуальные и логические модели технологических БД в растениеводстве; на онтологические модели предметных областей знаний в виде приложений – функций управления. Еще одним результатом являются разработанные единые подплатформы технологий дистанционного зондирование земли (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС), которые начинают активно

внедряться в такой относительно молодой сфере аграрного производства, как точное земледелие (ТЧЗ) [1, 6].

Список литературы

1. Меденников, В. И. Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России / В. И. Меденников, А. Н. Райков // Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Тенденции развития Интернет и цифровой экономики» (Симферополь-Алушта, 4-6 июня 2020 г.). – ИП Зуева Т. В., 2020. – С. 57-62.

2. Меденников, В. И. Математическая модель формирования цифровых платформ управления экономикой страны / В. И. Меденников // Цифровая экономика. – 2019. – № 1. – С. 25-35.

3. Меденников, В. И. Научно-обоснованный расчет потребности в IT-специалистах для цифровой трансформации экономики / В. И. Меденников, Ю. И. Микулец // Вестник Московского гуманитарно-экономического института. – 2020. – №2. – С. 186-200.

4. Milgrom P., Roberts J. (Milgrom) The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization // American Economic Review. 1990, vol. 80. № 3. P. 511–528.

5. Глушков, В. М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС / В. М. Глушков. – М.: «Статистика», 1975. – 160 с.

6. Ерешко, Ф. И. Сквозные технологии в АПК на основе цифровых стандартов / Ф. И. Ерешко, В. В. Кульба, В. И. Меденников // «нформационное общество. – 2020. – № 3. – С. 25-32.

7. Горбунов-Посадов, М. Цифровая наука в РАН / М. Горбунов-Посадов // Троицкий вариант. – 2018. – № 249. – С. 14.

8. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase_id=6282533

Процессные аспекты нормативного регулирования работ по комплексному обеспечению информационной безопасности и интероперабельности интегрированных систем управления

А. А. Зацаринный, email: azatsarinny@ipiran.ru
С. В. Козлов, email: sv_kozlov@mail.ru

Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук»

Аннотация. *Создание и развитие интегрированных систем управления направлено на обеспечение их адекватного реагирования на угрозы и опасности в сфере деятельности органов государственного и корпоративного управления. По мере развития технологий, применяемых при их создании, одновременно расширяются горизонты внешних и внутренних угроз и опасностей. В статье рассматриваются основные проблемы обеспечения информационной безопасности интегрированных систем управления на начальных стадиях их жизненного цикла, связанные с деятельностью субъектов государственного заказа при обосновании и реализации системотехнических и технологических решений по их созданию. Показано, что с ростом технологической сложности перспективных интегрированных систем и расширением их функциональности проявляется комплексная проблема интероперабельности и информационной безопасности, трансформируется и предмет их исследования, при этом приобретает высокую актуальность переход от системотехники к системной инженерии в жизненном цикле интегрированных систем. Представлены основные направления нормативного регулирования такой комплексной проблемы на уровне национальных стандартов, гармонизированных с международными стандартами и рекомендациями.*

Ключевые слова: *Интегрированная система управления, комплексная проблема интероперабельности и информационной безопасности, системная инженерия, нормативное регулирование, национальные стандарты*

Введение

Современные тенденции развития интегрированных систем управления различного назначения (ИСУ) с реализацией

© Зацаринный А. А., Козлов С. В., 2021

сетецентрических принципов связаны с необходимостью обеспечения их инвариантности ИСУ к широкому перечню угроз и опасностей в сфере ответственности конкретной системы управления в условиях объективных процессов по расширению их функциональности. При этом применение в составе ИСУ новых функциональных подсистем и комплексов в виде совокупности управляющих и исполнительных систем, создаваемых на основе перспективных информационных технологий, выводит проблему повышения качества ИСУ на новый уровень. Все более востребованным становится анализ проблем на стыке функциональных систем с выявлением уязвимостей и обоснованием мер по их устранению. В этой связи применительно к области многофункциональных систем на первый план выдвигается комплексная проблема обеспечения интероперабельности и информационной безопасности. В организационном плане эта проблема должна решаться совместными усилиями всех субъектов государственного заказа, начиная с ранних этапов подготовки заказа на проектирование системы.

До настоящего времени нормативное регулирование работ по созданию автоматизированных систем на основе информационных технологий обеспечивается, в основном, в соответствии с государственными стандартами 34 серии. Вместе с тем, многие вопросы разработки автоматизированных систем управления как многофункциональных систем находятся вне сферы нормативного регулирования, а такие межсистемные проблемы, как интероперабельность многофункциональных систем и информационная безопасность, требуют безотлагательного принятия мер по их идентификации и регулированию на уровне национальных стандартов.

1. Уточнение парадигмы исследования интегрированной системы управления

Ретроспективный анализ систем управления различного назначения позволяет условно выделить в их развитии несколько стадий, как показано на рис. 1 и в таблице:

– узкоспециализированные системы, направленные на реализацию нескольких разобщенных функций в условиях достаточной степени определенности применения системы управления;

– комплексные системы, реализующие процессы информатизации органов управления и автоматизации деятельности их должностных лиц (по существу, это была первая стадия классической интеграции по принципу: новые задачи – новая структура системы управления);

– интеграция систем на основе наращивания функциональных возможностей комплексных систем управления с использованием

готовых к совместному применению новых функциональных подсистем (например, подсистем навигации, ориентирования, опознавания и др.) на базе системы CASE-технологий;

– интеграция систем на уровне бизнес-процессов;

– интеграция систем на основе процессного подхода с учетом увеличения перечня рассматриваемых процессов в жизненном цикле системы управления.

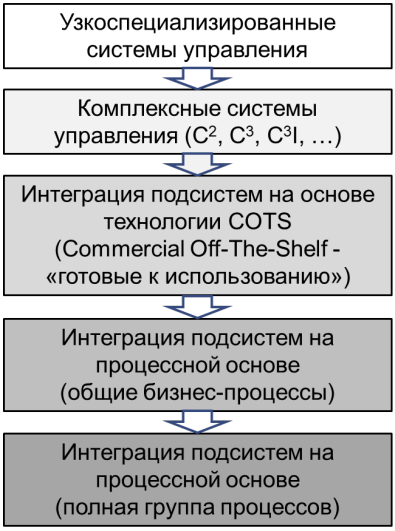


Рис. 1. Эволюция от монофункциональных систем до интегрированных многофункциональных систем управления

На основе такого представления ретроспективы развития систем управления как объектов исследования и разработки можно показать эволюцию объекта и предмета исследования по такой тематике работы.

Так, например, на 1-й и 2-й стадиях интеграции система управления как объект исследования, представляется в виде взаимоувязанной совокупности органов, центров и средств управления. а предмет исследования составляют бизнес-процессы и системотехника для их реализации. Основными методами исследований являются методы функционального подхода и системной инженерии.

В настоящее время возрастает актуальность объекта исследования в виде интегрированной системы управления как многофункциональной системы на уровне элементов системы управления, рассматриваемых на второй стадии. При этом предмет исследования должен рассматриваться

практически полностью на уровне процессов в жизненном цикле системы управления, а методы исследования – на основе процессного и проектного подходов и системной инженерии.

Таблица

Эволюция объекта и предмета исследований по тематике интегрированных систем управления

Стадии интеграции элементов системы управления	Основные признаки стадии интеграции	Предмет исследования	Методы исследования
Типовой объект исследования (на 1-й и 2-й стадии интеграции элементов)	Система управления как взаимоувязанная совокупность органов, центров управления и средств управления	Бизнес-процессы в жизненном цикле. Системотехника	Функциональный подход к созданию ИСУ. Системная инженерия.
Современный объект исследования (на 3-й стадии интеграции элементов)	ИСУ как много-функциональная система на уровне органов, центров и средств управления	Полная группа процессов в жизненном цикле.	Процессный и проектный подходы. Системная инженерия.

Еще четверть века тому назад такая интеграция ограничивалась тремя, максимум четырьмя видами функциональных систем, а обеспечение их совместного функционирования достигалось за счет применения системы протоколов и различного рода шлюзов. Дальнейшее расширение функциональности интегрированных систем приводило к возрастанию сложности обеспечения совместимости их компонентов, а одновременное развитие противодействующих факторов, порой опережающее развитие интегрированных систем, становилось серьезным препятствием на пути повышения эффективности управленческой деятельности органов управления.

Инфокоммуникационная сфера в настоящее время является весьма уязвимой в отношении современных угроз и прогнозируемых опасностей. По мере развития технологий наблюдается интенсивное расширение горизонтов угроз, рост объемов разнородной, а часто и противоречивой информации о текущих угрозах. Складывается противоречивая ситуация, в которой в условиях нарастания внешних угроз лавинообразно растет сложность организации и обеспечения

эффективной деятельности органов управления, что становится причиной появления и вторичных угроз внутрисистемного порядка.

Существующие ограничения системного подхода [1], связанные с недостаточной определенностью предметной сферы проведения исследований, с непротиворечивостью исходных данных и целостностью рассматриваемого объекта исследований, проявляются в том, что создаваемые изделия не в полной мере будут соответствовать условиям их применения. Учитывая особую важность управления во всех сферах жизни и деятельности личности, общества и государства и высокую сложность создаваемых современных систем управления различного назначения, такое положение становится сдерживающим фактором при создании многофункциональных интегрированных систем управления.

2. Основные направления нормативного регулирования работ по комплексному обеспечению информационной безопасности и интероперабельности интегрированных систем управления

Анализ основных угроз информационной безопасности интегрированных систем управления свидетельствует о том, что применительно к ним наибольшей уязвимостью обладает гетерогенная инфокоммуникационная среда, являющаяся основой создания и функционирования систем, формирование которой должно осуществляться с учетом обеспечения интероперабельности функциональных систем в их составе [2-5]. Учитывая высокую степень неопределенности при обеспечении информационной безопасности гетерогенных инфокоммуникационных систем, ее решение целесообразно осуществлять взаимоувязанно в комплексе с обеспечением интероперабельности разнородных функциональных систем, реализуемой на организационном, семантическом, техническом и нормативном уровнях. Нормативное регулирование общих вопросов обеспечения интероперабельности осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 55062-2012, в котором определены терминология и основные этапы обеспечения интероперабельности. В отношении первых трех уровней в настоящее время ведутся работы по разработке «Концепция обеспечения интероперабельности сетецентрических управляющих систем» и «Модели для построения и оценки интероперабельности сетецентрических управляющих систем» [6]. Документы оформлены, как проекты Рекомендаций по стандартизации Росстандарта и предназначены для использования субъектами государственного и муниципального заказа при создании высокотехнологичных автоматизированных систем. Согласно ГОСТ Р 1.10-2004 Рекомендации по стандартизации разрабатываются в случае целесообразности

предварительной проверки на практике неустоявшихся и еще не ставших типовыми организационно-методических положений в соответствующей области, т.е. до принятия национального стандарта Российской Федерации, в котором могут быть установлены эти положения.

Работы по разработке и гармонизации национальных стандартов по информационной безопасности информационных технологий ведутся в соответствии с Программой национальной стандартизации, и в настоящий период (2019-2021 гг.) ФИЦ ИУ РАН проводится разработка, гармонизация и подготовка к утверждению стандартов в области информационной безопасности и защиты информационных технологий с учетом современных тенденций их развития, в том числе, обработки массивов больших данных, реализующих облачные, туманные, квантовые технологии, технологии виртуальной и дополненной реальности и искусственного интеллекта.

Целью работы является поддержание национального фонда стандартов в области информационной безопасности и защиты информационных технологий на современном научно-техническом уровне, разработка и подготовка к принятию наиболее актуальных стандартов в этой области.

В рамках упомянутой работы проводятся разработка, публичное обсуждение, согласование и представление на утверждение проектов 71 стандарта, распределенных по трем группам, как показано на рис. 2. В ходе публичного обсуждения проектов стандартов основные замечания и рекомендации по их первой редакции поступают от следующих профильных технических комитетов по стандартизации:

- ТК22 «Информационные технологии»;
- ТК164 «Искусственный интеллект»;
- ТК228 «Средства надежного хранения и безопасности»;
- ТК362 «Защита информации».

Кроме того, в проведении экспертизы участвуют комитеты Торгово-промышленной палаты РФ по промышленной безопасности и безопасности предпринимательской деятельности, научно-исследовательские институты и другие заинтересованные организации.

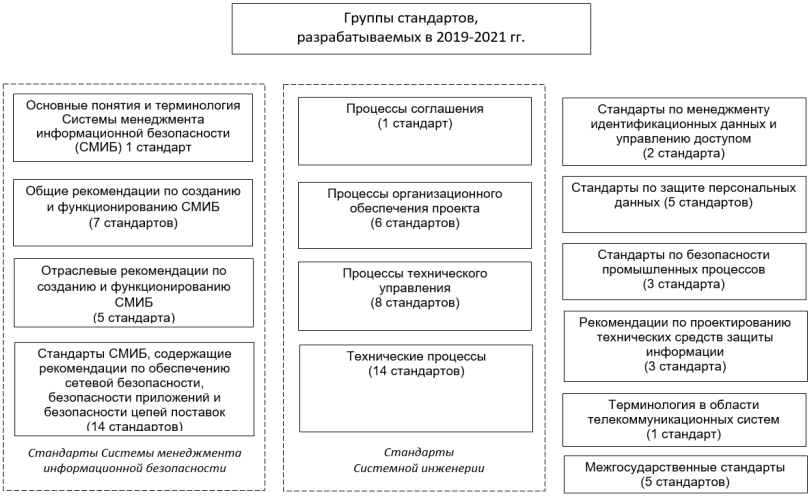


Рис. 2. Классификация разрабатываемых стандартов по тематике информационной безопасности.

В 2020 году завершена разработка, публичное обсуждение, согласование и утверждение приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 10 стандартов, разработанных в качестве идентичных международным стандартам с учетом национальных особенностей регулируемой ими сферы:

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 19086-4. Информационные технологии. Облачные вычисления Основы соглашения для уровня услуг Часть 4 Компоненты безопасности и защиты персональной информации (ISO/IEC 19086-4:2019, IDT);

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27010. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности Управление информационной безопасности для связи между подразделениями и организациями (ISO/IEC 27010:2015, IDT);

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27018. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил по применению общедоступного облачного процессора с расширенным управленческим набором для защиты персональной информации

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27033–6 Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Сетевая безопасность Часть 6 Защищенный доступ к беспроводной IP-сети (ISO/IEC 27033-6:2016, IDT);

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27034-5. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Безопасность приложений. Часть 5 Протоколы и структура данных по средствам контроля для защиты приложений (ISO/IEC 27034-5:2017, IDT);

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27034-7. Информационные технологии. Безопасность приложений. Часть 7. Основы прогнозирования гарантии безопасности (ISO/IEC 27034-7:2018, IDT);

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27036-2. Информационные технологии Информационная безопасность во взаимоотношениях с поставщиками Часть 2. Требования (ISO/IEC 27036-2:2014, IDT).

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27036-3. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности информационная безопасность во взаимоотношениях с поставщиками. Часть 3. Руководящие указания по безопасности информационных и коммуникационных технологий цепи поставок (ISO/IEC 27036-3:2013, IDT);

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 27036-4. Методы и средства обеспечения безопасности. Информационная безопасность во взаимоотношениях с поставщиками Часть 4 Руководящие указания по безопасности облачных услуг (ISO/IEC 27036-4:2013, IDT);

– ГОСТ Р ИСО/МЭК 21878. Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Руководящие указания по обеспечению безопасности при проектировании и реализации виртуализированных серверов (ISO/IEC 21878:2019, IDT).

В перечне разрабатываемых стандартов в области безопасности информационных технологий (см. рис. 2) одна из групп включает стандарты по системной инженерии, определяющей логическую взаимосвязь в рамках деятельности всех субъектов государственного и муниципального заказа по обеспечению безопасности информационных технологий, применяемых при создании интегрированных систем управления. Важно отметить, что стандарты по тематике системной инженерии регламентируют организационные и организационно-ресурсные процессы в области обеспечения информационной безопасности на протяжении жизненного цикла интегрированных систем управления. При этом в Программе национальной стандартизации выделены следующие направления стандартизации в области системной инженерии:

2. Стандартизация процессов соглашения (процессы приобретения и поставки).

3. Стандартизация процессов организационного обеспечения проекта (процессы управления моделью жизненного цикла, управления

инфраструктурой, портфелем заказов, человеческими ресурсами, конфигурацией, информацией, измерениями и гарантии качества).

4. Стандартизация технических процессов (процессы анализа назначения, определения потребностей заинтересованных сторон, определения системных требований, архитектуры, проекта, системного анализа, реализации, комплексирования, верификации, передачи, валидации, функционирования, сопровождения, изъятия и списания).

Целью разработки стандартов по указанным группам является привязка стандартов к процессам системной инженерии, относящимся к обеспечению информационной безопасности интегрированных систем управления. Такой подход позволяет их использовать как автономно при разработке отдельных процессов в жизненном цикле систем, так и в комплексе с другими стандартами. В этой связи обеспечивается возможность комплексного нормативного регулирования процессов обеспечения интероперабельности и информационной безопасности в жизненном цикле интегрированных систем управления.

Заключение

В области создания интегрированных систем управления на основе объединения на качественно новой технологической основе автономных функциональных систем основным сдерживающим фактором является комплексная проблема интероперабельности и информационной безопасности, масштабы которой растут по мере расширения состава интегрированной системы.

Разобщенные подходы к решению такой проблемы, широко применяемые в практике заказчиков и разработчиков современных систем управления, приводят к непропорциональному росту новых проблем, связанных с появлением новых уязвимостей, порождающих дополнительные угрозы информационной безопасности интегрированных систем.

Дополнение Программы национальной стандартизации в России в части разработки и гармонизации национальных стандартов в области информационной безопасности стандартами в части регулирования вопросов интероперабельности интегрированных систем на основе сетецентрических принципов позволяет провести комплексную и взаимоувязанную разработку стандартов по интероперабельности на основе разрабатываемых стандартов в области информационной безопасности. При этом обеспечение взаимоувязанной их разработки целесообразно осуществлять на основе стандартов в области системной инженерии, определяющих процессную основу обеспечения информационной безопасности интегрированных систем управления на протяжении всех стадий их жизненного цикла

Статья подготовлена при поддержке грантов РФФИ № 19-07-00774 и № 18-29-03124

Список литературы

1. Пригожин, А. И. Методы развития организаций / А.И. Пригожин. – М.: МЦФЭР. − 2003. − 864 с.

2. Comparative performance evaluation of modern heterogenous high-performance computing CPUS / A. Sorokin [и др.] // Electronics (Switzerland). − 2020. W. 9. № 6. − pp. 1-13.

3. Зацаринный, А.А. Алгоритмы управления сервис-ориентированными процессами детерминированных научных сервисов в гибридных вычислительных средах цифровых платформ / А.А. Зацаринный, В.А. Кондрашев, А.А. Сорокин // Системы высокой доступности. − 2020. Т. 16. № 3. − С. 5−17.

4. Подход к обеспечению интероперабельности в сетецентрических системах управления / А. А. Башлыкова [и др.] // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. − 2020. №6. Режим доступа: http://jre.cplire.ru/jre/jun20/13/ abstract.html

5. Информационное пространство цифровой экономики России. Концептуальные основы и проблемы формирования / А. А. Зацарииный, [и др.] // ФИЦ ИУ РАН. Изд-во ООО «НИПКЦ Восход-А», − М., 2018, − 236 с.

6. Олейников, А. Я. Основные положения концепции обеспечения интероперабельности сетецентрических информационно-управляющих систем / А. Я. Олейников, Д. В. Растягаев, И. А. Фомин. // Вестник Российского нового университета: серия сложные системы, модели, анализ и управление. − 2020. Выпуск №3. − С. 122-131.

К вопросу о механизме оценки живучести эргатических систем

Г. И. Зверев, email: georgiyzverev@gmail.com

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *Эргатические системы используются тех областях жизнедеятельности человека, где вмешательство оператора в работу является необходимым условием обеспечения их успешного функционирования. Для эффективной работы таких систем и возможности оперативного решения возникающих нештатных ситуаций в сложившихся условиях необходимо производить оценку их живучести. В этой связи необходимо определить механизм ее оценки.*

Ключевые слова: *эргатические системы, системы критического применения, живучесть систем, деструктивные воздействия.*

Введение

Как известно, решение широкого класса задач достигается только за счет участия человека в работе различных систем, в том числе систем управления. Описанные системы, функционирование которых невозможно без вмешательства оператора, принято называть эргатическими.

Особое место среди указанных систем получили системы критического применения [1]. Их элементы характеризуются наличием набора альтернативных функций, то есть у элементов системы имеется возможность выполнения иной задачи при изменении условий функционирования системы, в частности в условиях внешних или внутренних деструктивных воздействий [2]. Примерами систем критического применения могут выступать системы управления органов внутренних дел или иных силовых ведомств. Однако указанными особенностями могут обладать и системы иных видов.

Важно отметить, что в системах критического применения могут возникать взаимосвязи не только двух, но и большего числа элементов [3]. Поэтому в качестве структурно-параметрической модели систем указанного вида целесообразно использовать взвешенные гиперграфы [4].

© Зверев Г. И., 2021

Механизм оценки живучести эргатических систем

Как описано в [5], деструктивные воздействия различного вида могут являться причиной модифицирования структуры и связей в эргатических системах, вследствие чего может произойти изменение показателя эффективности их функционирования. В этой связи возникает задача разработки механизма оценки живучести эргатических систем.

Механизм оценки заключается в сравнении базового значения эффективности Ω, эффективности с оптимально выбранным набором альтернативных функций элементов системы и разницы между этими двумя показателям [6].

Для примера структурно-параметрическая модель условной системы до и после реструктуризации приведена на рисунках 1 и 2 [7]. Альтернативные функции элементов, их важности и веса вершин/связей приведены в таблицах 1–3 [8].

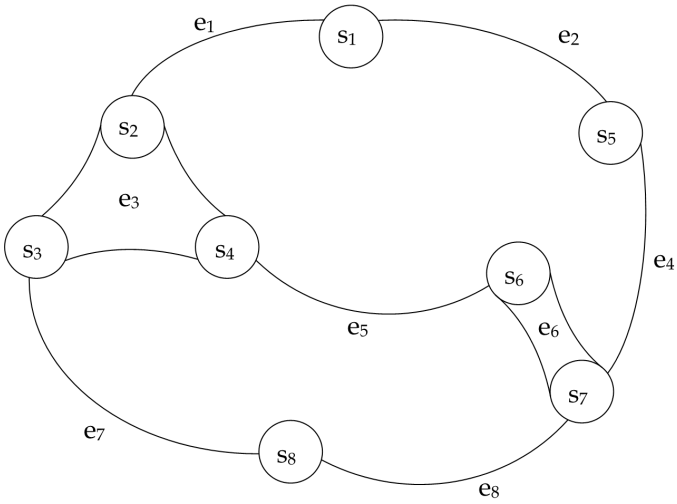


Рис. 1. Структурно-параметрическая модель условной эргатической системы

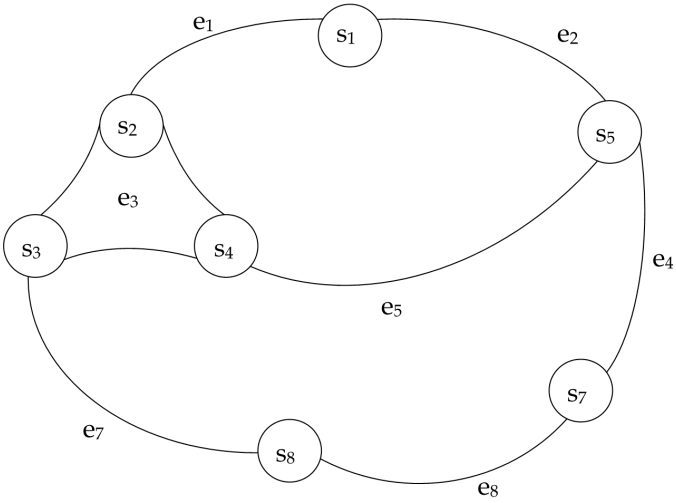


Рис. 2. Структурно-параметрическая модель условной эргатической системы после реструктуризации

Таблица 2

Альтернативные функции элементов системы

$\mathbf{s_1}$	$\mathbf{f_{11}}$	$\mathbf{f_{12}}$
$\mathbf{e_1}$	0	1
$\mathbf{e_2}$	1	0
$\mathbf{s_2}$	$\mathbf{f_{21}}$	$\mathbf{f_{22}}$
$\mathbf{e_1}$	1	0
$\mathbf{e_3}$	1	1
$\mathbf{s_3}$	$\mathbf{f_{31}}$	$\mathbf{f_{32}}$
$\mathbf{e_3}$	1	1
$\mathbf{e_7}$	1	0
$\mathbf{s_4}$	$\mathbf{f_{41}}$	$\mathbf{f_{42}}$
$\mathbf{e_3}$	1	1
$\mathbf{e_5}$	1	0
$\mathbf{s_5}$	$\mathbf{f_{51}}$	$\mathbf{f_{52}}$
$\mathbf{e_2}$	1	1
$\mathbf{e_4}$	1	0
$\mathbf{s_6}$	$\mathbf{f_{61}}$	$\mathbf{f_{62}}$
$\mathbf{e_5}$	0	1
$\mathbf{e_6}$	1	1

Окончание таблицы 1

$\mathbf{s_7}$	$\mathbf{f_{71}}$	$\mathbf{f_{72}}$
$\mathbf{e_4}$	1	0
$\mathbf{e_6}$	1	1
$\mathbf{e_8}$	0	1
$\mathbf{s_8}$	$\mathbf{f_{81}}$	$\mathbf{f_{82}}$
$\mathbf{e_7}$	1	0
$\mathbf{e_8}$	0	1

Таблица 3

Веса вершин и связей системы

$\mathbf{s_1}$	4	$\mathbf{e_1}$	2
$\mathbf{s_2}$	4	$\mathbf{e_2}$	1
$\mathbf{s_3}$	1	$\mathbf{e_3}$	6
$\mathbf{s_4}$	2	$\mathbf{e_4}$	3
$\mathbf{s_5}$	4	$\mathbf{e_5}$	2
$\mathbf{s_6}$	2	$\mathbf{e_6}$	5
$\mathbf{s_7}$	3	$\mathbf{e_7}$	3
$\mathbf{s_8}$	6	$\mathbf{e_8}$	2

Таблица 4

Важности альтернативных функций элементов системы

$\mathbf{f_{11}}$	0,5	$\mathbf{f_{52}}$	0,3
$\mathbf{f_{12}}$	0,5	$\mathbf{f_{61}}$	0,8
$\mathbf{f_{21}}$	0,3	$\mathbf{f_{62}}$	0,1
$\mathbf{f_{22}}$	0,2	$\mathbf{f_{71}}$	0,4
$\mathbf{f_{31}}$	0,6	$\mathbf{f_{72}}$	0,2
$\mathbf{f_{32}}$	0,2	$\mathbf{f_{81}}$	0,3
$\mathbf{f_{41}}$	0,8	$\mathbf{f_{82}}$	0,2
$\mathbf{f_{42}}$	0,3	$\mathbf{f_{52}}$	0,3
$\mathbf{f_{51}}$	0,7	$\mathbf{f_{61}}$	0,8

Применяя описанный механизм [9, 10], можно получить следующие результаты:

2. Базовое значение эффективности работы системы $\Omega = 37,2$, а после реструктуризации – $\Omega = 32,6$, то есть можно сказать, что произошло снижение данного показателя на 12,4 %;

3. Значение эффективности работы системы с оптимально выбранным набором альтернативных функций элементов в начальном варианте $\Theta = 35,8$, а в реструктурированном – $\Theta = 31,1$, что говорит о снижении указанного показателя на 13,1 %.

Заключение

Основываясь на полученных результатах можно сделать вывод о правильности и адекватности реструктуризации графовой модели системы и последствиях полученных деформаций модели системы вследствие деструктивных воздействий путем сравнения количественного значения изменения указанных показателей. Однако необходимо отметить, что для каждой конкретной системы необходимо определить допустимое изменение эффективности ее работы, при котором целесообразно продолжение ее функционирования.

Список литературы

1. Моделирование коллективных действий сотрудников органов внутренних дел : монография / В. В. Меньших [и др.] – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2017. – 236 с.

2. Зверев, Г. И. Оценка эффективности функционирования эргатической системы при деструктивном воздействии / Г. И. Зверев // Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем» : сборник материалов. (Воронеж, 6 июня 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 142-143.

3. Меньших, В. В. Моделирование оценки живучести эргатических систем на основе использования взвешенных гиперграфов / В. В. Меньших, Г. И. Зверев // Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI Международной конференции. В 2-х томах. (Самара, 3-6 сентября 2019 г.). – Самара, 2019. – С. 388-391.

4. Menshikh, V. V. Simulating the Evaluation of Survivability of Ergatic Systems Based on the Use of Weighted Hypergraphs / V. V. Menshikh, G. I. Zverev // 2019 XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP). – Samara, Russia, 2019. – pp. 541-544.

5. Зверев, Г. И. Виды и описание структурных деформаций систем управления органов внутренних дел / Г. И. Зверев // Математические методы и информационно-технические средства: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции (Краснодар, 21 июня 2019 г.). – Краснодар, 2019. – С. 59-61.

6. Зверев, Г. И. Об одном подходе к оценке живучести эргатических систем / Г. И. Зверев, В. В. Меньших // Информатика:

проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1138-1140.

7. Меньших, В. В. Оптимизация выбора вариантов реструктуризации систем управления с многофункциональными элементами в условиях деструктивных воздействий / В. В. Меньших, Г. И. Зверев // Информационные системы и технологии ИСТ-2020. Сборник материалов XXVI Международной научно-технической конференции (Нижний Новгород, 24-28 апреля 2020 г.). – Нижний Новгород, 2020. – С. 601-606.

8. Зверев, Г. И. Оптимизация выбора комбинации альтернативных функций многофункциональных элементов эргатических систем / Г. И. Зверев, В. В. Меньших // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции. (Воронеж, 11-13 ноября 2019 г.). – Воронеж, 2020. – С. 807-809.

9. Zverev, G. I. Optimizing the selection of combination of alternative functions of ergatic system multifunctional elements / G. I. Zverev, V. V. Menshikh // J. Phys.: Conf. Ser. – 2020. – №1479. – 012062.

10. Меньших, В. В. Выбор функций элементов эргатических систем для обеспечения их функционирования в условиях деструктивных воздействий / В. В. Меньших, Г. И. Зверев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – №8(3). DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.004. Режим доступа: https://moit.vivt.ru/wpcontent/uploads/2020/08/MenshikhZverev_3_20_1.pdf

Подход к повышению точностных характеристик фазовых радиотехнических систем дальней навигации

А. Г. Ивануткин, email: mazurova83@mail.ru
А. С. Демьяненко, email: GlebAlexandrovichDem@gmail.com

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

Аннотация. *В статье предлагается разработка модели и специального программного обеспечения, позволяющих определять значения дифференциальных поправок в целях повышения точности измерения собственных координат с применением импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации.*

Ключевые слова: *импульсно-фазовые системы дальней навигации, повышение точностных характеристик, дифференциальные поправки, глобальные навигационные спутниковые системы.*

Введение

Как показывает специфика применения пилотируемых и беспилотных воздушных судов при решении различных задач в ходе локальных войн и вооруженных конфликтов последнего времени, эффективность реализации их возможностей, в подавляющем случае зависит от точности определения собственных местоположений авиационными комплексами, на всех этапах выполняемых полетов. Для решения задач радионавигации, в основном применяются глобальные навигационные спутниковые системы и радиотехнические системы ближней навигации. Однако, применение данных систем в специфических условиях боевых действий имеет ряд существенных недостатков. В основном они обусловлены недостаточной помехозащищенностью данных систем.

Суть применения моделирующих систем в интересах повышения точностных характеристик радиотехнических систем дальней навигации

Рассмотрим более подробно недостатки применяемых радионавигационных систем.

К недостаткам глобальных радионавигационных спутниковых систем можно отнести следующие:

© Ивануткин А. Г., Демьяненко А. С., 2021

– высокий уровень уязвимости от многих видов помех (солнечная активность, сигналы телекоммуникационных систем, преднамеренный помехи и др.);

– приему сигналов спутников могут мешать сильно пересечённый рельеф местности, высокие здания и сооружения;

– возможность имитации ложных сигналов, подмены радионавигационных сигналов, приводящих к некорректной работе спутниковой навигационной системы (неверному определению координат);

– необходимость применения систем функциональных дополнений, обеспечивающих требуемую точность определения координат по спутниковым радионавигационным системам.

К недостаткам радиотехнических систем ближней навигации можно отнести:

– ограниченную зону действия радиомаяков систем ближней радионавигации, зависящую от высот полетов пилотируемых и беспилотных воздушных судов;

– работу отечественных радиотехнических систем ближней навигации в диапазонах частот, не в полной мере отвечающим требованиям Международного регламента радиосвязи.

Решение задачи навигационного обеспечения применения авиационных комплексов в сложной помеховой обстановке возможно путем применения разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации (ИФРНС).

Данные системы обладают следующими достоинствами:

– высокая помехоустойчивость за счет большой энергетики сигналов и применяемого частотного диапазона;

– надежное определение местоположения в городских условиях и лесистой местности вследствие существенно более низких, чем в глобальных навигационных спутниковых системах рабочих частот;

– возможность передачи оперативной информации;

– большие зоны действия;

– возможность использования на всех высотах полета воздушных судов;

– неограниченная пропускная способность;

– скрытность определения навигационных параметров ввиду отсутствия на борту воздушного судна передающей радиоаппаратуры [1].

Основным недостатком развернутых и эксплуатируемых на сегодняшний день радиотехнических систем дальней навигации

является недостаточная точность определения координат в основных режимах работы.

Исключением не является также самая современная информационная система координатно – временного обеспечения (ИСКВО) «Скорпион».

Сравнительные точностные характеристики импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней радионавигации приведены в таблице [2].

Таблица

Характеристики импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации

Наименование характеристик	ИФРНС			
	Европейская	Восточная	Северная	ИСКВО «Скорпион»
Вид базирования	стационарные			мобильная
Рабочая частота, кГц	100	100	100	100
Площадь рабочей зоны, млн. кв. км	6.5	5.5	1.7	0.9
Точность определения координат, км	0.5 – 1.5	0,4 – 3	0.5 – 2	0.15 – 0.8

Точность определения координат (G_t) с применением радиотехнических систем дальней радионавигации зависит от следующих ошибок [1]:

ошибок обусловленных условиями распространения радиоволн (G_{vp});

из ошибок, обусловленных действиями атмосферных и внутренних шумов бортового приемоиндикатора ($G_{tш}$);

из инструментальных ошибок бортового приемоиндикатора ($G_{ин}$);

из ошибок синхронизации шкал времени ведомых станций (G_c).

Суммарная среднеквадратическая ошибка определяется выражением [1]:

$$G_t = G_{vp} + G_{tш} + G_{ин} + G_c .$$

Для устранения среднеквадратической ошибки определения координат с применением радиотехнических систем дальней радионавигации могут использоваться следующие способы [2]:

1. Интерполяционные способы. В этом случае поправки вычисляются заранее для ограниченного числа пунктов рабочей зоны радиотехнической системы дальней навигации. Для получения поправки в любой точке рабочей зоны применяются формулы линейной или квадратичной интерполяции.

2. Способ вычисления поправок с использованием карты проводимости.

3. Дифференциальный способ, предполагающий определение поправок к нестабильности скорости распространения радиоволн и передачу их потребителям. Дифференциальный режим повышения точности определения координат, получил наибольшее распространение. Благодаря одновременной работе как по глобальной навигационной спутниковой системе, так по радиотехнической системе дальней навигации, появляется возможность коррекции систематической ошибки, используя точные координаты, полученные по глобальной навигационной спутниковой системе.

Результаты исследований вопросов реализации дифференциальных режимов работы, разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации, позволяет сделать вывод о том, что точность определения координат может быть повышена в 4-6 раз [2].

Однако, при имеющихся достоинствах дифференциального режима повышения точности определения координат воздушных судов, его явным недостатком является необходимость использования функциональных дополнений с построением каналов связи от корректирующих станций до потребителей, что в сложной помеховой обстановке прогнозируемых боевых действий может быть затруднительным или невозможным.

Авторами предлагается разработка и применение математической модели, позволяющей заблаговременно определять значения дифференциальных поправок, применительно к местности предполагаемых полетов пилотируемых и беспилотных воздушных судов. Предлагается разработка специального программного обеспечения на автоматизированных рабочих местах должностных лиц органов управления связью и радиотехническим обеспечением, позволяющего осуществлять расчет корректирующих поправок к нестабильности скорости распространения радиоволн, с учетом характеристик подстилающей поверхности и времени. Результатом

моделирования является массив поправок. Этот массив должен вводится в бортовое радиоэлектронное оборудование воздушного судна и использоваться для корректировки измерения собственных координат с применением разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации, в соответствии с известными алгоритмами.

Заключение

В статье приведены достоинства и недостатки, применяемых радионавигационных систем. Предложено использование математического моделирования, для заблаговременного определения массивов дифференциальных поправок, в интересах повышения точности определения координат с использованием разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации.

Список литературы

1. Пруссов, М.Н. Оборудование и эксплуатация мобильной радионавигационной станции дальней радионавигации: учебное пособие / М.Н. Пруссов; – М.: Воениздат, 1990. – С. 21 – 35.

2. Пичугин, С.М. Повышение точности определения навигационных параметров импульсно-фазовой радионавигационной системы за счет использования данных от СРНС / С.М. Пичугин, П.В. Трошин // Научный вестник МГТУ ГА. Сер. 3, Радиофизика и радиотехника. – 2010. – № 152. – С. 126-127.

3. Резниченко, Л.В. Радиотехнические системы дальней навигации: учебник / Л.В. Резниченко; – М.: Воениздат, 1975. – 219 с.

SoD-матрица как средство управления рисками в ERP-системе (на примере модуля MM в системе SAP R/3)

И. В. Илларионов, email: igor.illarionov@gmail.com
С. Ю. Архипов, email: arkhipov_sy@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *На основе матричного подхода к описанию SoD-рисков разработана матрица возможных SoD-рисков в модуле MM системы SAP R/3 и составлены технические описания полномочий, конституирующих выявленные SoD-риски.*

Ключевые слова: *SoD-риск, матрица SoD-рисков, риск-менеджмент, SAP, модуль MM, механизм авторизации.*

Введение

Риск-менеджмент как один из факторов, влияющих на организацию процесса управления информационными системами предприятий, вот уже на протяжении нескольких десятилетий является предметом неослабевающего интереса со стороны экспертного сообщества. Стремление минимизировать риски мошенничества, сознательных или случайных ошибок со стороны пользователей, разглашения конфиденциальной корпоративной информации и т.д., способных привести к серьезным финансовым и репутационным потерям для предприятия, неизбежно ставит перед экспертами, отвечающими за разработку и поддержку той или иной информационной системы, вопрос о наиболее оптимальных механизмах минимизации бизнес-рисков. Одним из средств минимизации угроз в информационных бизнес-системах на сегодняшний день является учет SoD-рисков в авторизационных политиках предприятий.

Под SoD (от англ. segregation of duties / separation of duties) в IT принято понимать такой принцип разграничения полномочий, когда никто из пользователей не может выполнить все этапы некоторого критичного процесса в системе и как следствие сознательно или случайно изменить / сфальсифицировать данные [1]. Примером, иллюстрирующим данное понятие, является пользователь, обладающий одновременно полномочиями на составление счетов и выполнение платежей. Обладая подобными правами, рассматриваемый пользователь может по ошибке или сознательно указать неверные сумму или реквизиты получателя (например, свои банковские реквизиты), а затем

© Илларионов И. В., Архипов С. Ю., 2021

произвести фактическую оплату по данному счету. В случае же, когда данные полномочия разделены между двумя пользователями риск сознательного или ошибочной фальсификации данных при фактурировании счета и выполнении оплаты по нему снижается. Таким образом, в случае SoD-рисков речь идет не о критичных полномочиях как таковых, а о критичных комбинациях полномочий.

Целью предлагаемого исследования является выявление и техническое описание SoD-рисков на примере модуля MM (управление материальными потоками) в системе SAP R/3. Выбор SAP-системы в качестве материала для нашего анализа обусловлен тем, что данная ERP-система, предлагаемая компанией SAP AG, является на текущий момент одной из наиболее востребованных ERP-систем, функционал которой покрывает практически все сферы деятельности крупного современного предприятия. В связи с этим принято делить обширный функционал системы SAP на отдельные модули, или компоненты: MM – управление материальными потоками, SD – сбыт, FI – финансы и т.д. В фокусе рассмотрения в рамках нашего исследования находятся SoD-риски в модуле MM, предназначенного для администрирования данных и процессов в сфере закупок товаров и/или услуг и инвентаризации материалов (товаров, запчастей и т.п.) на некотором предприятии.

1. Механизм авторизации в системе SAP R/3

Выше мы рассмотрели конкретный пример SoD-риска, однако данный пример был сформулирован в качестве вербального описания критичной комбинации полномочий пользователя. Такая формулировка малопригодна для использования разработчиком полномочий или администратором пользователей в некоторой SAP системе; им нужно понимать, какие технические объекты (транзакции, объекты полномочий и т.п.), позволяющие пользователям выполнить описанные действия, могут привести к SoD-конфликту. Иными словами, для эффективного учета SoD-рисков при разработке ролей и администрировании пользователей, вербальные описания SoD-рисков необходимо «перевести» в технические описания, составленные в опоре на те технические средства, которые используются для обеспечения авторизации в SAP. В связи с этим представляется целесообразным рассмотреть основные конструкты механизма авторизации в SAP.

Авторизация в SAP представляет собой реализацию модели RBAC (role-based access control). Суть данной модели авторизации состоит в том, что полномочия не присваиваются непосредственно каждому пользователю, а вводится промежуточный уровень между полномочиями и пользователями – роль. Именно роли присваиваются полномочия, а затем роль может быть присвоена одному или

нескольким пользователям. Модель RBAC используется для обеспечения авторизации во многих современных информационных системах и различается лишь техническими деталями реализации. Рассмотрим, как реализованы основные элементы данной модели – полномочие, роль, пользователь – в системе SAP R/3.

Минимальным конструктом механизма авторизации в SAP является объект полномочий. В SAP существует более 2000 стандартных объектов полномочий (кроме этого есть возможность создавать дополнительные объекты полномочий). Каждый объект полномочий предназначен для проверки прав доступа к определенным данным (например, доступ к данным заказов определенного вида, доступ к данным определенных складов и т.п.) и/или функциям (например, закладка закупочного заказа, изменение данных кредитора и т.п.) в SAP системе [2]. Объект полномочий имеет определенную внутреннюю структуру: он состоит из полей, число которых в зависимости от объекта полномочий варьируется от 1 до 10. Так, например, объект полномочий S_TABU_NAM, предназначенный для проверки прав доступа к таблицам, включает 2 поля – TABNAME, в котором задаются названия разрешенных таблиц, и ACTVT, в котором задаются коды разрешенных операций для разрешенных таблиц (например, просматривать, изменять и т.д.). Таким образом, объект полномочий выступает лишь структурой для создания полномочий. Для того, чтобы объект полномочий действительно предоставлял какие-то права, необходимо заполнить его поля конкретными значениями. Именно объект полномочий с заполненными полями называется в SAP полномочием [2] (и соответствует понятию «полномочие» в модели RBAC).

Уровень роли из модели RBAC представлен в SAP тремя конструктами – профилем, простой ролью и составной ролью. Рассмотренные выше полномочия должны быть встроены в профиль. Профиль по сути выступает контейнером для группировки полномочий [2]. В ранних версиях SAP профиль был конечным элементом в механизме авторизации, т.е. именно профиль присваивался пользователям. В современных версиях SAP профиль встроен в простую роль (single role). Если профиль является контейнером только для полномочий, то роль помимо собственно профиля содержит дополнительную информацию с описанием роли, список пользователей, обладающих данной ролью и т.п., а также имеет ряд функций, позволяющих частично автоматизировать генерацию профиля [2]. Несколько простых ролей могут быть объединены в составную роль (composite role).

Роли в SAP вносятся в учетную запись пользователя. Когда пользователь выполняет ту или иную транзакцию происходит проверка на наличие в присвоенных ему ролях тех полномочий, которые указаны в коде программы выполняемой транзакции [2].

2. Матричный подход к описанию SoD-конфликтов

Одним из наиболее распространенных подходов к техническому описанию SoD-рисков для некоторой системы выступает подход, заключающийся в разработке SoD-матрицы [3]. В рамках данного подхода SoD-риск представляется как пара двух конфликтующих функций. Под функцией при этом понимается перечень изофункциональных полномочий, т.е. различных полномочий, позволяющих пользователю выполнить одну и ту же задачу, или функцию, в системе [2-3]. Так, например, просмотреть основные данные клиента в SAP можно различными способами: через транзакции VD03, XD03, VD02, XD02, FD03, FD02, XD99 и т.д. Данные транзакции не идентичны сами по себе: они различаются режимом доступа (изменение/просмотр), ракурсом (сбытовой/финансовый), массовой/поштучной обработкой дебиторов и т.д., но так или иначе через каждую из данных транзакций можно посмотреть основные данные дебиторов, т.е. все они позволяют реализовать функцию «просмотр основных данных клиента». Обычно функции в рамках матричного подхода принято описывать с помощью таблиц со структурой, представленной в табл. 1 [3].

Таблица 1

Техническое описание функции «просмотр данных клиента»

группа полномочий	объект полномочий	поле	начальное значение	конечное значение	оператор
FD03	F_KNA1_APP	ACTVT	03		
FD02	F_KNA1_APP	ACTVT	02		OR
FD02	F_KNA1_APP	ACTVT	03		OR
…					

Каждая группа полномочий в данной таблице представляет собой набор полномочий, позволяющий выполнить соответствующую функцию [3]. Иными словами, группа полномочий служит для демаркации границ автономных изофункциональных полномочий: каждая группа полномочий в отдельности предоставляет пользователю права на выполнении заявленной функции (в данном случае функции «просмотр данных дебитора»). Таким образом, группы полномочий внутри функции связаны дизъюнктивно: пользователю достаточно

иметь полномочия из одной группы, чтобы обладать правами на выполнение рассматриваемой функции (просмотр дебиторов). Обычно колонка «группа полномочий» заполняется либо кодом транзакции, если указанные далее объекты полномочий связаны с конкретной транзакцией, либо просто уникальной букво-численной комбинацией, если указанные далее объекты полномочий не связаны с определенной транзакцией [3].

Далее в колонках «объект полномочий», «поле» (объекта полномочий), «начальное значение» и «конечное значение» (поля объекта полномочий) приводится детальное техническое описание соответствующего полномочия [3] (в таблицах, приводимых в следующем разделе, колонка «конечное значение» опущена, поскольку указание диапазона значений нерелевантно для выявленных SoD-рисков). При этом, если в колонке «группа полномочий» в соответствующей строке указан код транзакции, то доступ к транзакции и указанное полномочие всегда связаны конъюнктивно, т.е. пользователю необходимо иметь и доступ к транзакции, и указанное полномочие, чтобы считаться пользователем, обладающим правами на выполнение рассматриваемой функции [3].

Если некоторая группа полномочий состоит не из одного, а нескольких полномочий, в колонке «оператор» указывается, как связаны перечисленные полномочия внутри данной группы (OR или AND) [3].

Таким образом при разработке SoD-матрицы для некоторой системы следует начать с определения всех функций, входящих в состав SoD-рисков, и составления технических дефиниций для данных функций, т.е. заполнения таблиц с указанной выше структурой, содержащих техническое описание всех возможных полномочий, позволяющих выполнить анализируемую функцию. На следующем этапе, после того как будут исчислены все функции, входящие в состав SoD-рисков, и для них будут составлены технические описания, можно составить матрицу SoD-рисков. Матрица SoD-рисков представляет собой квадратную матрицу, по обеим сторонам которой перечислены релевантные для описания SoD-рисков функции, а на пересечении строки и колонки двух функций, вызывающих SoD-риск, отмечается наличие SoD-риска. Поскольку две конфликтующие функции вызывают SoD-риск вне зависимости от очередности их указания, то, очевидно, что матрица SoD-рисков симметрична относительно главной диагонали.

3. SoD-матрица для модуля MM

Для выявления потенциальных SoD-рисков на первом этапе исследования был проведен анализ специальной литературы, посвященной описанию бизнес-процессов, администрируемых в модуле

MM в SAP. Это позволило выявить 5 потенциальных SoD-рисков. На следующем этапе с помощью метода трассировки полномочий были составлены технические описания полномочий из функций, конституирующих выявленные SoD-риски.

Первый SoD-риск представлен конфликтом следующих функций: «создание/изменение основных данных кредитора» и «создание/изменение закупочного заказа». Риск, возникающий в случае реализации данного SoD-конфликта, заключается в том, что пользователь может одновременно изменять основные данные кредитора, в частности банковские реквизиты кредитора, и создавать или изменять закупочные заказы. Таким образом, у пользователя появляется возможность сфальсифицировать банковские реквизиты некоторого поставщика, а затем создать заказ с этим поставщиком (или же изменить поставщика в существующем заказе), в результате чего будут созданы условия для перевода денежных средств предприятия на сфальсифицированный счет, хотя с технической точки зрения проведенный процесс закупки будет корректным. В табл. 2 и 3 представлены полученное с помощью трассировки технические описания полномочий, предоставляющих доступ к обеим фунциям.

Таблица 2

Функция «создание/изменение основных данных кредитора»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
XK01	F_LFA1_APP	ACTVT	01	
XK02	F_LFA1_APP	ACTVT	02	
MK01	F_LFA1_APP	ACTVT	01	
MK02	F_LFA1_APP	ACTVT	02	
XK99	F_LFA1_APP	ACTVT	01	OR
XK99	F_LFA1_APP	ACTVT	02	OR

Таблица 3

Функция «создание/изменение закупочного заказа»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
ME21	M_BEST_EKO	ACTVT	01	
ME22	M_BEST_EKO	ACTVT	02	
ME21N	M_BEST_EKO	ACTVT	01	
ME22N	M_BEST_EKO	ACTVT	02	
MEMASSPO	M_BEST_EKO	ACTVT	01	OR
MEMASSPO	M_BEST_EKO	ACTVT	02	OR

Второй анализируемый SoD-риск заключается в конфликте функций «создание/изменение закупочного заказа» и «одобрение закупочного заказа». Риск заключается в следующем: пользователь, способный одновременно создавать и одобрять закупочные заказы, чреват для предприятия тем, что нежелательный / неоптимальный с точки зрения бизнес-процесса заказ будет одобрен и тем самым передан на выполнение поставщику. При этом, пользователь, который закладывал закупочный заказ, потенциально может в случае сговора с некоторым поставщиком заменить изначального поставщика на нужного ему (даже если это экономически невыгодно предприятию) или же по недосмотру допустить ошибку при создании заказа. В данной ситуации, если одобрении закупочного заказа будет осуществляться другим пользователем (не тем, который создавал заказ), то шансов выявить ошибки или манипуляции, допущенные в отношении заказа, сравнительно выше, чем в случае, когда создание и одобрение заказа производит один и тот же пользователь. Техническое описание полномочий, предоставляющих доступ к функции «создание/изменение закупочного заказа» представлено выше (см. табл. 3), а к функции «одобрение закупочного заказа» – в табл. 4.

Таблица 4

Функция «одобрение закупочного заказа»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
ME28	M_EINK_FRG	FRGGR	‘ ’ *	

Третий SoD-риск образован конфликтующими функциями «создание/изменение закупочного заказа» и «проводка поставленного материала». Данный риск делает возможным следующий сценарий, способный нанести урон предприятию: сотрудник, обладающий полномочиями для обеих названных выше функций, может, вступив в сговор с некоторым поставщиком, создать в системе закупочные заказы для данного поставщика, а затем подтвердить поступление товара по

* Обозначение ‘ ’ используется при описании полномочий в SAP для указания на любое значение. В данном случае невозможно указать конкретное значение для поля объекта полномочий, поскольку список возможных значений, ассоциированный с данным полем, предоставляется не разработчиками SAP, а формируется на основании данных в настроечных таблицах, которые каждый клиент SAP настраивает в соответствие со спецификой своего бизнес-процесса.

данным заказам без реальной поставки заказанного товара, в результате чего предприятие вновь может понести финансовые потери, произведя оплату за фиктивные поставки. Полученные нами с помощью трассировки технические описания полномочий, предоставляющих доступ к конфликтующим функциям в рамках данного SoD-риска, представлены в табл. 3 и 5.

Таблица 5

Функция «проводка поставленного материала»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
MIGO	M_MSEG_WWE	ACTVT	01	
MB01	M_MSEG_WWE	ACTVT	01	
MB0A	M_MSEG_WWE	ACTVT	01	

Четвертый выявленный SoD-риск образован конфликтующими функциями «создание счета-фактуры для поставщика» и «выполнение платежа». Следует заметить, что данный SoD-риск представляет собой пример кросс-модульного риска: функция «создание счета-фактуры для поставщика» относится к рассматриваемому модулю MM, в то время как функция «выполнение платежа» локализована в модуле FI. Риск в данном случае заключается в следующем: пользователь, одновременно обладающий правами на фактурирование счета и на оплату счетов за поставки по заказам, может при фактурировании счета изменить кредитора или изменить условия оплаты, а затем запустить платеж, в результате которого сумма, предназначенная для оплаты поставленного товара, будет переведена либо на сфальсифицированный счет, либо не в том объеме, которые предусматривали изначальные условия поставки. В табл. 6 и 7 приведены технические дефиниции полномочий из обеих функций, вызывающих данный SoD-риск.

Таблица 6

Функция «создание счета-фактуры для поставщика»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
MIRO	M_RECH_WRK	ACTVT	01	

Таблица 7

Функция «выполнение платежа»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
FF110	F_REGU_BUK	BUKRS	‘ ’	

Пятый из выявленных на первом этапе анализа SoD-рисков представляет собой конфликт функций «проводка движения материала» и «ведение инвентаризации» (см. техническое описание полномочий, относящихся к обеим функциям, в табл. 8 и 9). Риск, возникающий в случае данного SoD-конфликта, заключается в том, что у пользователя одновременно появляются права создание документов, подтверждающих движение материалов, например, фактические поступление заказанного материала на склад, перемещение материала с одного склада на другой, забор материала со склада и т.д., и вместе с тем на создание документов, отражающих результаты инвентаризации, т.е. проверки результата состояния складов. В данной ситуации перед пользователем, обладающим данными полномочиями, открывается возможность скрыть выявленную в ходе инвентаризации нехватку того или иного материала на некотором складе за счет создания фиктивных документов, подтверждающих движение материалов.

Таблица 8

Функция «создание счета-фактуры для поставщика»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
MIGO	M_MSEG_WWE	ACTVT	01	OR
MIGO	M_MSEG_WWE	ACTVT	01	OR
MIGO	M_MSEG_WWF	ACTVT	01	OR
MB01	M_MSEG_WWE	ACTVT	01	
MB0A	M_MSEG_WWE	ACTVT	01	
MB11	M_MSEG_WWA	ACTVT	01	
MB1A	M_MSEG_WWA	ACTVT	01	
MB1B	M_MSEG_WWA	ACTVT	01	
MB1C	M_MSEG_WWA	ACTVT	01	
MB31	M_MSEG_WWF	ACTVT	01	

Таблица 9

Функция «создание счета-фактуры для поставщика»

группа полномочий	**объект полномочий**	**поле**	**начальное значение**	**оператор**
MI04	M_ISEG_WZL	ACTVT	01	
MI05	M_ISEG_WZL	ACTVT	02	
MI07	M_ISEG_WDB	ACTVT	01	
MI08	M_ISEG_WZB	ACTVT	01	

На завершающем этапе нашего исследования мы систематизировали информацию о выявленных в ходе анализа SoD-рисках для модуля MM в виде матрицы SoD-рисков (см. табл. 10).

Таблица 10

Матрица SoD-рисков для модуля MM в системе SAP R/3

	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8
Ф1		риск 1						
Ф2	риск 1		риск 2	риск 3				
Ф3		риск 2						
Ф4		риск 3						
Ф5						риск 4		
Ф6					риск 4			
Ф7								риск 5
Ф8							риск 5	

Условные обозначения функций: Ф1 – создание/изменение основных данных кредитора; Ф2 – создание/изменение закупочного заказа; Ф3 – одобрение закупочного заказа; Ф4 – проводка поставленного материала; Ф5 – создание счета-фактуры для поставщика; Ф6 – выполнение платежа; Ф7 – проводка движения материала; Ф8 – ведение инвентаризации.

Заключение

В результате проведенного анализа выявлены 5 SoD-рисков, релевантных для модуля MM в системе SAP R/3 и составлены технические описания функций, вызывающих рассмотренные SoD-риски. Анализ позволяет заключить, что SoD-риски существуют и требуют учета не только в таких традиционно «рискованных» сферах бизнес-процесса как финансы, но и в области ведения материальных потоков. Результаты анализа могут найти практическое применение при разработке ролей и администрировании пользователей в системе SAP.

Список литературы

1. Wilding, E. Information Risk and Security: Preventing and Investigating Workplace Computer Crime / E. Wilding. – Burlington : Gower, 2006. – 341 p.

2. Lehnert, V. SAP-Berechtigungswesen: Konzeption und Realisierung / V. Lehnert. – 3. Auflage. – Bonn: Rheinwerk, 2016. – 847 S.

3. Folkerts, B. Praxishandbuch für die Risikoanalyse mit SAP GRC Access Control / B. Folkerts. – Gleichen : Espresso Tutorials GmbH, 2019. – 172 S.

Математические модели взаимодействия гамма-излучения с веществом, удобные для реализации в учебном процессе

В. А. Каладзе, email: wakaladze@yandex.ru [1]
В. А. Работкин [2]

[1] Международный институт компьютерных технологий
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена математическая модель прохождения гамма-излучения через вещество. Предложены алгоритмы для генерации случайных чисел с заданным законом распределения. Разработана программа моделирования прохождения гамма-излучения для использования в учебных целях при проведении лабораторных работ в дистанционном формате.*

Ключевые слова: *Метод статистических испытаний, программный генератор случайных чисел с заданным законом распределения.*

Введение

Информационные технологии используются в научных исследованиях не только для обработки результатов измерений, расчета физических параметров, но и для моделирования сложных процессов. Как правило, большинство сложных физических экспериментов начинаются с компьютерного моделирования для уточнения параметров и характеристик измерительного оборудования. Для моделирования ядерно-физических процессов в настоящее время существует целый ряд уже готовых пакетов библиотек подпрограмм, например GEANT4, EGS4. Большинство из этих программ ориентируются на профессиональных пользователей, обладающих необходимыми компетенциями, как в программировании, так и в ядерной физике. Поэтому востребована программная модель, рассчитанная на пользователей с минимальной подготовкой в области программирования.

При обучении студентов физического профиля актуальной является задача замены сложных и дорогостоящих лабораторных установок, использующих потенциально опасные источники ионизирующих излучений, на их имитационные модели. Особенно остро эта задача возникла при массовом переходе на дистанционное обучение. В связи с этим, возникает потребность в разработке программ, моделирующих

© Каладзе В. А., Работкин В. А., 2021

прохождение гамма-квантов через различные слои поглотителей. Программа позволит адекватно заменить реальную физическую установку, используемую при проведении лабораторных работ по курсу «Ядерная физика».

1. Моделирование прохождения гамма-квантов через вещество

Задача описания прохождения потока гамма-квантов через вещество не имеет аналитического решения, выраженного легко реализуемыми формулами. Все законы радиоактивного распада и взаимодействия гамма-излучения с веществом носят статистический характер. Поэтому для моделирования процесса можно воспользоваться методом статистических испытаний. Сущность метода состоит в том, что сложный статистический процесс прохождения кванта через вещество рассматривается как последовательность конечного числа элементарных случайных процессов (свободное движение кванта на некотором пути, комптоновское рассеяние кванта в определенном направлении, исчезновение кванта в результате фотоэффекта или процесса образования пары и т. п.). Зная вероятность каждого из этих процессов, и имея источники случайных чисел с различными распределениями (программные генераторы случайных чисел), можно шаг за шагом воспроизводить историю движения определенного кванта в исследуемом веществе. Дойдя до процесса, в результате которого квант исчезает или переходит в другое состояние (например, квант вышел за пределы рассеивающей среды), начинаем исследовать характер движения следующего кванта. Таким образом, если рассмотреть достаточно большое количество траекторий квантов, то в итоге можно получить некоторое распределение квантов по энергии, углу или другой величине. Метод случайных испытаний можно назвать вычислительным экспериментом. Действительно, если бы абсолютно точно были известны законы элементарных актов взаимодействия гамма-квантов с веществом, результаты, получаемые методом случайных испытаний, были бы подобны данным, получаемым экспериментальным путем. Физические законы взаимодействия гамма-квантов с веществом подробно изложены в [1].

Для реализации алгоритмов моделирования требуется получать случайные числа с заданным законом распределения: показательное распределение, распределение Пуассона, построения описывающих распределения по углам рассеянных гамма-квантов.

Показательное распределение необходимо для определения случайного пробега гамма-кванта в веществе до точки взаимодействия. В качестве параметра распределения используется полный линейный

коэффициент ослабления μ, зависящий от энергии гамма-кванта и характеристик вещества. Для моделирования необходимо знать зависимости сечений (вероятностей) взаимодействия квантов с веществом от их энергии, которые можно получить из [1]. В настоящей работе использованы данные Института стандартизации США и программа Xcom, позволяющая рассчитать сечения взаимодействий, как для простых веществ, так и для смесей. На рис. 1 приведены данные, рассчитанные программой Xcom, для сложного вещества – бетона. Первый столбец – энергия гамма-квантов, далее следуют данные с вероятностями процессов взаимодействия: когерентного рассеяния, комптоновского рассеяния, фотоэффекта, эффекта рождения электрон-позитронных пар в поле ядра и поле электрона, полный массовый коэффициент ослабления с учетом когерентного рассеяния и без учета когерентного рассеяния.

Constituents (Atomic Number:Fraction by Weight)
1:0.01250 6:0.09950 7:0.00060 8:0.43410 14:0.37450 16:0.05790
20:0.00570 30:0.01520

Partial Interaction Coefficients and Total Attenuation Coefficients

PHOTON ENERGY	SCATTERING COHERENT	SCATTERING INCOHER.	PHOTO-ELECTRIC ABSORPTION	PAIR PRODUCTION IN NUCLEAR FIELD	PAIR PRODUCTION IN ELECTRON FIELD	TOTAL ATTENUATION WITH COHERENT SCATT.	TOTAL ATTENUATION WITHOUT COHERENT SCATT.
(MeV)	(cm2/g)	(cm2/g)	(cm2/g)	(cm2/g)	(cm2/g)	(cm2/g)	(cm2/g)
1.000E-01	1.070E-02	1.464E-01	1.858E-02	0.000E+00	0.000E+00	1.756E-01	1.649E-01
1.220E-01	7.350E-03	1.403E-01	9.894E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.575E-01	1.502E-01
1.250E-01	7.018E-03	1.395E-01	9.161E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.557E-01	1.486E-01
1.500E-01	4.950E-03	1.332E-01	5.152E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.433E-01	1.384E-01
1.750E-01	3.675E-03	1.277E-01	3.175E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.345E-01	1.308E-01
2.000E-01	2.834E-03	1.226E-01	2.095E-03	0.000E+00	0.000E+00	1.276E-01	1.247E-01

Рис. 1. Пример расчета сечений взаимодействия

Вид взаимодействия «разыгрывается» следующим образом – полный линейный коэффициент поглощения μ есть сумма трех слагаемых:

$$\mu = \mu_{фото} + \mu_{комп} + \mu_{пар} \qquad (1)$$

где $\mu_{фото}$, $\mu_{комп}$, $\mu_{пар}$ – вероятности фотоэлектрического поглощения гамма-кванта, комптоновского рассеяния и образования электрон-позитронных пар соответственно. Поэтому случайные числа:

$$A_{фото} = \frac{\mu_{фото}}{\mu}, \; A_{комп} = \frac{\mu_{комп}}{\mu}, \; A_{пар} = \frac{\mu_{пар}}{\mu}, \qquad (2)$$

сумма которых равна единице, представляют собой вероятности, что при данном акте взаимодействия квант будет полностью поглощен,

будет рассеян на случайный угол и потеряет часть энергии или образует пару частиц – электрон и позитрон. Используя случайные числа с равномерным распределением от 0 до 1 и расчетные данные по парциальным сечениям взаимодействия, можно «разыграть» процесс взаимодействия кванта.

Распределение Пуассона используется для имитации случайной интенсивности потока фоновых гамма-квантов и квантов от источника.

Для реализации генераторов случайных чисел с распределением Пуассона и показательным распределением использован метод обратных функций. Указанный метод и программная реализация генераторов случайных чисел подробно рассмотрена нами в [2].

Формула для вычисления дифференциального сечения (вероятности) комптоновского рассеяния на угол θ, полученная Клейном и Нишина и советским физиком И. Е. Таммом, имеет вид:

$$d\sigma(\theta) = r_e^2 \frac{1+\cos^2\theta}{2} \frac{d\Omega}{\left[1+\varepsilon\left(1-\cos\theta\right)\right]^2} \times \times \left\{1 + \frac{\varepsilon^2(1-\cos\theta)^2}{(1+\cos^2\theta)\left[1+\varepsilon(1-\cos\theta\right]}\right\} \tag{3}$$

где r_e – радиус орбиты электрона, ε - энергия гамма-кванта.

Так как

$$\Delta\varpi = \frac{\frac{d\sigma}{d\Omega}\Delta\Omega}{\int \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega}, \tag{4}$$

где $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ – дифференциальное сечение отклонения кванта от первоначальной траектории при комптоновском процессе (3), есть вероятность рассеяться кванту в элемент телесного угла $\Delta\Omega$, то каждому интервалу $\Delta A = \Delta\omega$ изменения случайных чисел можно сопоставить некоторый интервал изменения телесного угла. Чтобы перейти от интервальных к точечным числовым оценкам, проинтегрируем (4). Тогда получим:

$$A(\omega) = \frac{2\pi \int_0^{\omega} \frac{d\sigma}{d\Omega} \sin\omega d\omega}{\int_{4\pi} \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega}. \tag{5}$$

Эта дробь равна вероятности, что квант отклониться от начальной траектории на некоторый угол между 0 и ω. Таким образом, равномерному случайному числу A можно сопоставить вполне определенный угол рассеяния ω по формуле (5). Числитель этого выражения довольно сложен, а знаменатель есть не что иное, как полное сечение комптоновского рассеяния кванта. Вычислить значение угла ω, как решение уравнения (5), с использованием обратной зависимости $\omega(A)$ практически невозможно. Поэтому воспользуемся методом Монте-Карло. Одна из кривых $A(\omega)$ для квантов с энергией 100 кэВ изображена на рис. 2. Для моделирования необходимо предварительно рассчитать интегральные вероятности рассеяния для энергий от 1 до 3000 кэВ с шагом в 1 кэВ. Расчет вероятности задан с шагом в один градус. Предварительно вычисленные значения можно записать в типизированный файл из массивов вещественных чисел. Структура файла может быть следующей – 3000 массивов по 180 вещественных элементов. Номер массива соответствует энергии гамма-кванта в КэВ, индекс – углу рассеяния, а вещественное значение по этим индексам – вероятности рассеяния в углы от 0 до угла ω. При нахождении случайного угла рассеяния по непрерывным значениям случайных чисел с равномерным распределением по данным массива используется линейная интерпелляция.

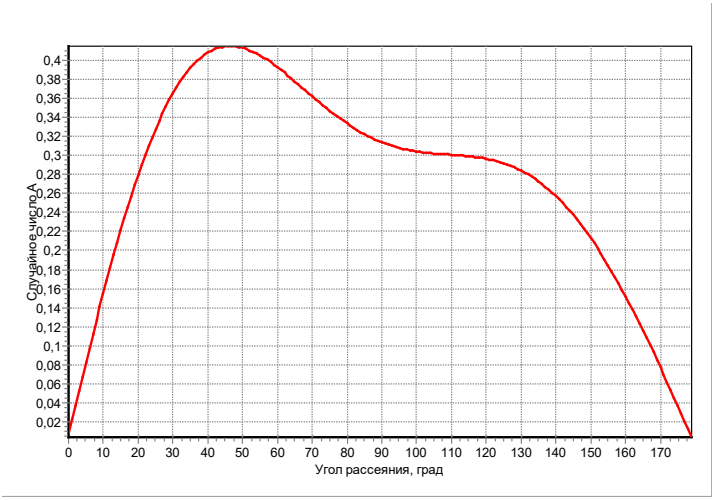


Рис. 2. Рассчитанное значение вероятности $A(\omega)$ для квантов с энергией 100 кэВ

В работе осуществлена проверка программного генератора случайных углов рассеяния для разных энергий гамма-квантов при разном количестве испытаний. Проведенная проверка полученных результатов статистических экспериментов по критерию хи-квадрат показала их соответствие теоретическим значениям (5). На рис. 3, 4 представлены эмпирические угловые распределения гамма-квантов для энергий 100 и 500 кэВ при 100000 испытаниях.

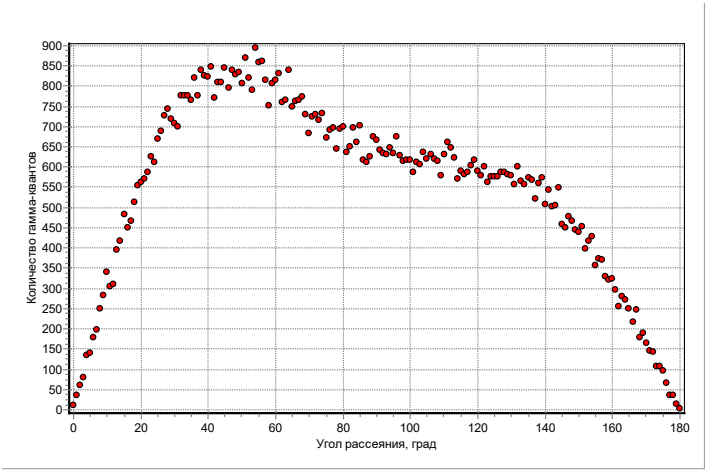


Рис. 3. Угловое распределение квантов с энергией 100 кэВ

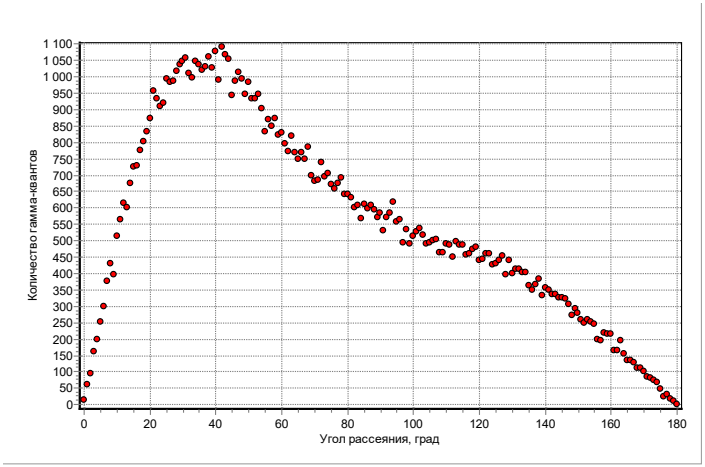


Рис. 4. Угловое распределение квантов с энергией 500 кэВ

2. Программная реализация модели

Для практической реализации описанного метода и проверки модели была разработана компьютерная программа. Реальная лабораторная работа по изучению ослабления гамма-излучения различными поглотителями проходит в несколько этапов:

- выбор источника гамма-квантов;
- измерение фонового гамма-излучения естественных радионуклидов, регистрируемых детектором;
- измерение количества квантов от источника, прошедших поглотители различной толщины и состава;
- обработка результатов измерения,
- нахождение полного линейного коэффициента ослабления для нескольких веществ для заданного пользователем источника;
- определение по рассчитанному значению полного линейного коэффициента ослабления энергии гамма-квантов;
- составление отчета по работе с графиками и таблицами.

Программа должна повторять все этапы этой работы, вычисляя необходимые данные путем моделирования происходящих физических процессов. Поэтому удобно этапы выполнения работы представить в виде закладок, по которым пользователь будет последовательно переходить, выполняя необходимые этапы лабораторной работы. На каждой закладке будет выполняться отдельная часть задачи. Это будут закладки:

– «Выбор источника» – На этой закладке выводится список источников излучения на экран, проводится выбор одного из изотопов для дальнейшего измерения. По изотопу программно определяется энергия гамма-квантов, которая используется для моделирования.

– «Измерение фона» – На этой закладке устанавливается время измерения и задается количество измерений в серии. При нажатии кнопки “Пуск” проводится моделирование случайного фонового излучения (случайное число квантов в единицу времени, распределенное по закону Пуассона). Результаты “измерений” выводятся в таблицу. Во время измерения происходит обновление накопленных событий и показаний секундомера. У пользователя должна быть возможность обработать эти значения, найдя среднее и среднеквадратичное отклонение от среднего по результатам всей серии. Значение среднего фона запоминается программой и используется при обработке окончательных данных.

– «Измерение» – На этой закладке устанавливается время измерения и задается количество измерений в серии. Пользователь может выбрать три типа поглотителей (алюминий, сталь, свинец) и

задать толщину слоя. При выборе типа поглотителя из файлов данных загружается информация о полном линейном коэффициенте ослабления, парциальных коэффициентах ослабления и угловом распределении гамма-квантов в зависимости от выбранного ранее изотопа. При нажатии кнопки «Пуск» проводится моделирование случайного фонового излучения и к нему добавляются кванты, прошедшие через вещество и попавшие в детектор. При моделировании процесса прохождения отслеживается «судьба» каждого кванта, испущенного из источника в направлении детектора. Результаты измерений выводятся в таблицу – количество квантов, зарегистрированных детектором (фоновых и прошедших через поглотитель). Данные серии измерений можно обработать, найдя среднее значение и среднеквадратичное отклонение. Вид этой закладки представлен на рис. 5.

– «Обработка» – Результаты измерений для 3-х поглотителей заносятся в таблицы, состоящие из колонок «толщина поглотителя», «количество зарегистрированных гамма-квантов» (количество квантов, прошедших через поглотитель и попавших в детектор, вместе с полученным фоновым излучением), «логарифм от общего числа квантов». Число строк в таблицах можно динамически изменять. При нажатии на кнопку «Найти» в таблицу заносится количество квантов пошедших через поглотитель за вычетом среднего фон и логарифм от этого числа, а так же на графике строится линейная зависимость логарифма счета от толщины поглотителя, определяемая по методу наименьших квадратов МНК (теоретическая линия) и «экспериментально» определенные точки. Так как кривая ослабления счета от толщины поглотителя имеет экспоненциальную зависимость, то ее лучше отображать в логарифмической шкале. В этом случае у нее будет линейный вид. Результаты по обработке МНК выводятся в редактор в виде значений коэффициентов уравнения прямой линии вида y=Ax+B и статистическая ошибка определения коэффициента наклона. Коэффициент наклона и есть найденное в эксперименте значение полного линейного коэффициента ослабления, выраженное в обратных сантиметрах. Вид окна с обработкой результатов измерений представлен на рис. 6.

– «Графики» – отображается зависимость полного линейного коэффициента ослабления для трех веществ в диапазоне энергий от 500 до 1500 кэВ. По этим графикам пользователь может определить по найденному им коэффициенту ослабления значение энергии квантов, испускаемых источником.

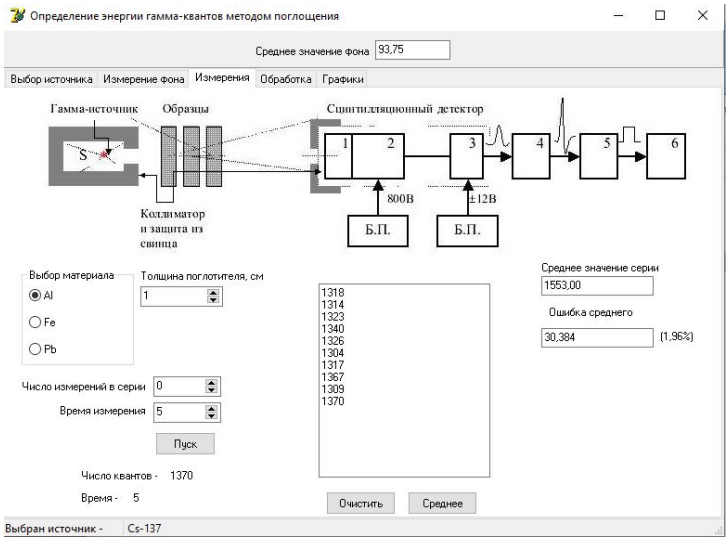


Рис. 5. Измерение числа квантов, прошедших через поглотитель

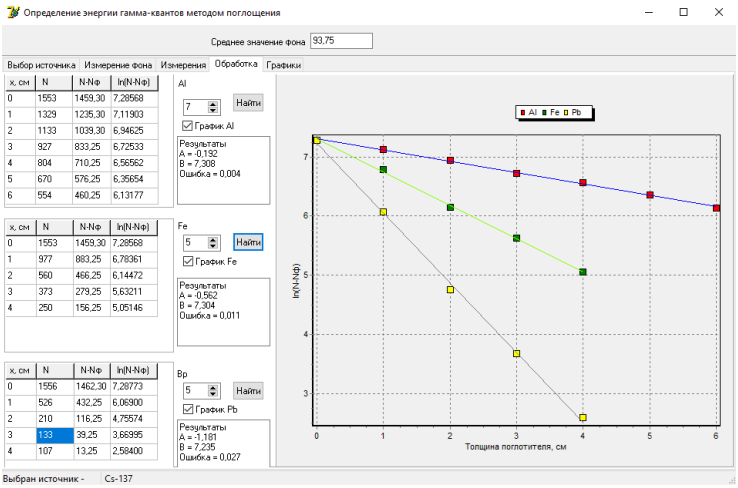


Рис. 6. Обработка результатов моделирования

Работа программы начинается с загрузки из файлов всех необходимых данных: параметры и названия изотопов, коэффициенты ослабления для различных энергий и веществ и угловое распределение гамма-квантов в зависимости от энергии. Далее необходимо разыграть

случайное значение среднего фонового излучения и случайной активности источника. Это необходимо для получения статистического разброса начальных условий при выполнении лабораторной работы разными студентами. Т.е. при запуске программы гарантируются разные значения фона и активности источника, что привет к невозможности получения одинаковых результатов разными людьми. Далее идет выполнение работы по этапам, соответствующим закладкам главной формы. Этапы подробно описаны выше.

Заключение

Разработана математическая модель, описывающая процесс прохождения гамма-квантов через вещество. Разработаны и реализованы в виде подпрограмм алгоритмы получения случайных чисел по разным законам распределения – экспоненциальное распределение и распределение Пуассона, угловое распределение рассеянных гамма-квантов.

Осуществлена проверка программных генераторов случайных чисел с разными законами распределения. Тестирование показало хорошее согласие между полученными программой распределениями и теоретическими зависимостями. Сделан вывод о возможности их использования при моделировании сложных физических процессов, имеющих статистическую природу.

Программа прошла тестирование на физическом факультете Воронежского государственного университета при проведении лабораторного практикума по предмету «Ядерная физика» (https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4427) в дистанционном формате. Полученные результаты хорошо согласуются с данными реальных измерительных установок. Исследованная методика моделирования может быть использована для реализации аналогичных лабораторных работ.

Список литературы

1. Лейпунский, О. И. Распространение гамма-квантов в веществе / О. И. Лейпунский, Б. В. Новожилов, В. Н. Сахаров. – М. : Гос изд-во физико-математической литературы, 1960. – 207 с.

2. Каладзе, В. А. Моделирование прохождения гамма-квантов через вещество в условиях вычислительного эксперимента / В. А. Каладзе, В. А. Работкин // Информатика: проблемы, методология, технологии : сб. материалов XIX международной научно-методической конференции (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). – Воронеж, 2019. – С. 1151-1155.

Реализация реверсного подхода к проектированию объекта с заданными свойствами: функциональная модель и логическая модель данных

И. И. Каширская, email: irkashir@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *На основе методологии IDEF0 разработана функциональная модель реализации реверсного подхода к построению объекта с заданными характеристиками. Описана логическая модель данных для приложения, реализующего реверсный подход.*

Ключевые слова: *бизнес-процесс, функциональная модель, логическая модель данных, IDEF0, IDEF1x, ER-модель.*

Введение

Для описания бизнес-процессов используются различные виды моделей. Динамическая событийная модель описывает процесс функционирования системы в виде последовательности событий и представляется в виде правил, описывающих изменение состояний системы. Каждое правило – это набор из начального состояния, события и реакции на это событие, а также конечного состояния [1].

Обычно предлагается прямая последовательность переходов от начального состояния системы до целевого состояния системы.

Для определенных предметных областей и определенных видов задач (в частности, при проектировании траекторий обучения для получения новых профессиональных навыков) более удобной будет обратная (реверсная) последовательность.

Предлагается сначала описать конечное состояние системы, а затем, пройдя в обратном направлении по цепочкам возможных переходов, получить исходное состояние системы, набор необходимых переходов (действий) и, если необходимо, то и набор промежуточных состояний системы.

1. Функциональная модель

Функциональная модель была построена в графической нотации IDEF0 [2]. Модель в этой нотации выглядит как набор блоков, каждый из которых представляет собой «черный ящик» со входом, управлением, выходом и исполняющим механизмом. Каждый блок может быть декомпозирован до необходимого уровня.

© Каширская И. И., 2021

На рис. 1 представлена контекстная диаграмма. Выходом основной функции являются набор свойств, описывающих минимальное начальное состояние объекта, необходимое для получения конечного состояния объекта; набор действий, необходимых для осуществления этого перехода; и в зависимости от потребности (в случае, если набор действий формален и детально не представлен) набор свойств, описывающих все промежуточные состояния объекта, с удалением дубликатов свойств и максимальными качественными характеристиками дублирующихся свойств.

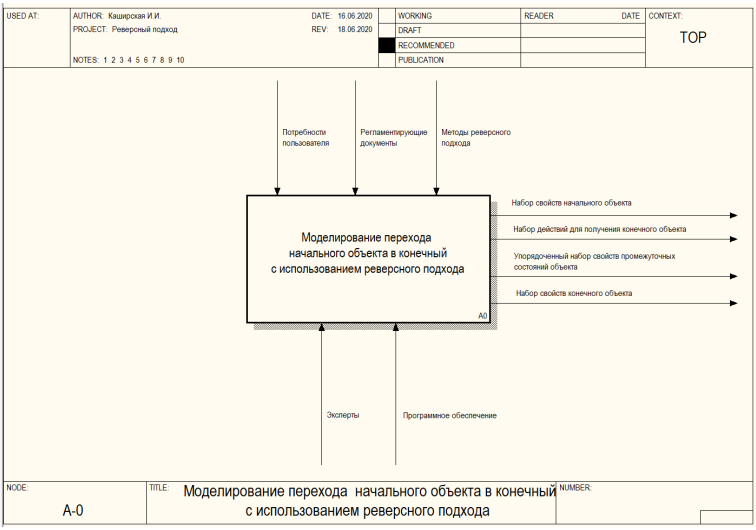


Рис. 1. Контекстная диаграмма

Диаграммы декомпозиции функциональных блоков представлены на рис. 2-5.

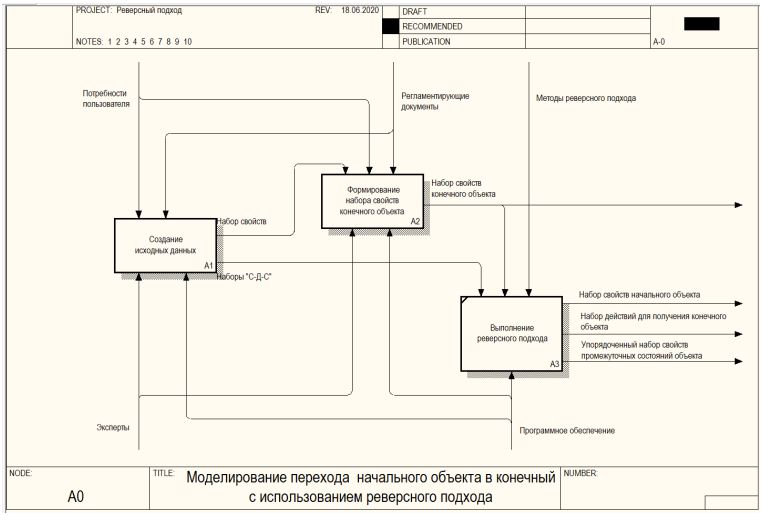


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции функционального блока A0

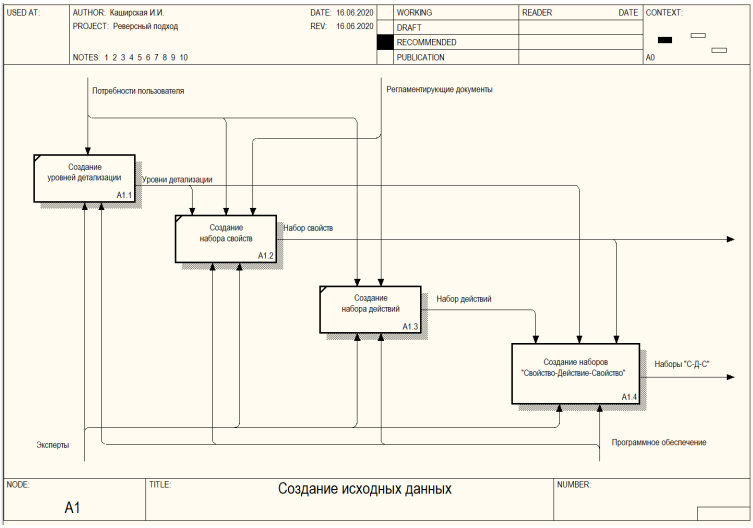


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции функционального блока A1

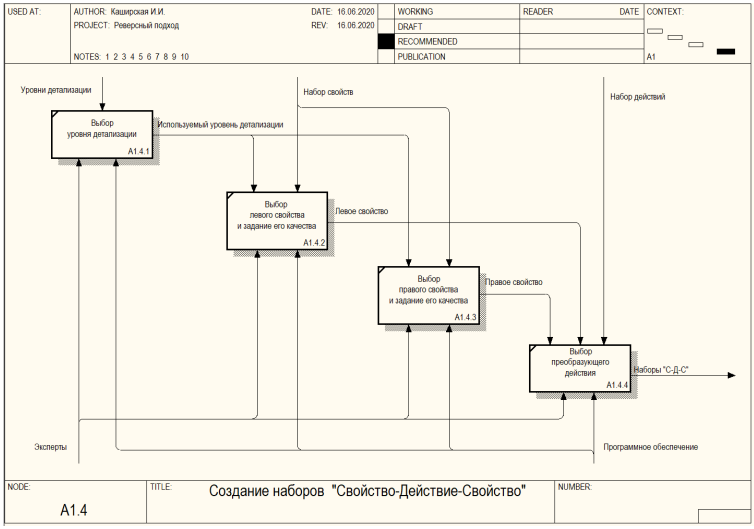


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции функционального блока A1.4

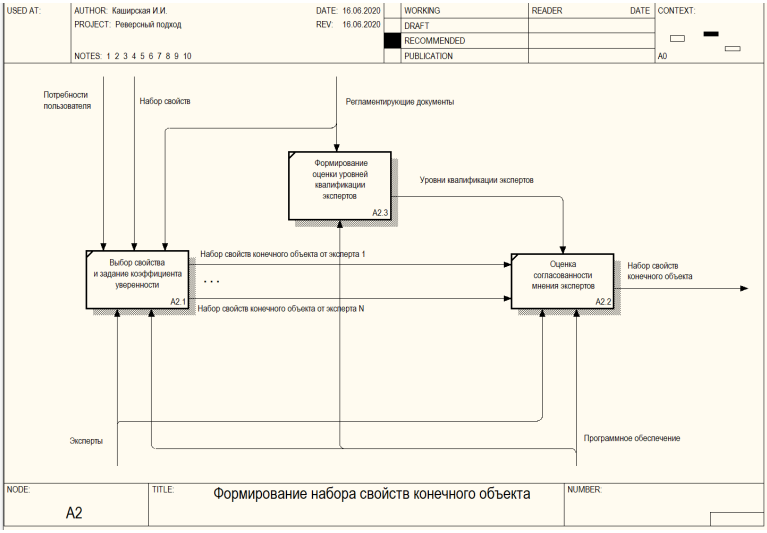


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции функционального блока A2

2. Логическая модель данных

Для построения логической модели данных была выбрана методология построения ER-диаграмм IDEF1 [3]. Данная методология

разделяет элементы структуры информационной области, их свойства и взаимосвязи. Логическая модель данных в нотации IDEF1x представлена на рис. 6.

Все атрибуты, чье имя начинается на ID_..., являются искусственными атрибутами и первичными ключами сущностей и относятся к домену GUID (Globally Unique Identifier).

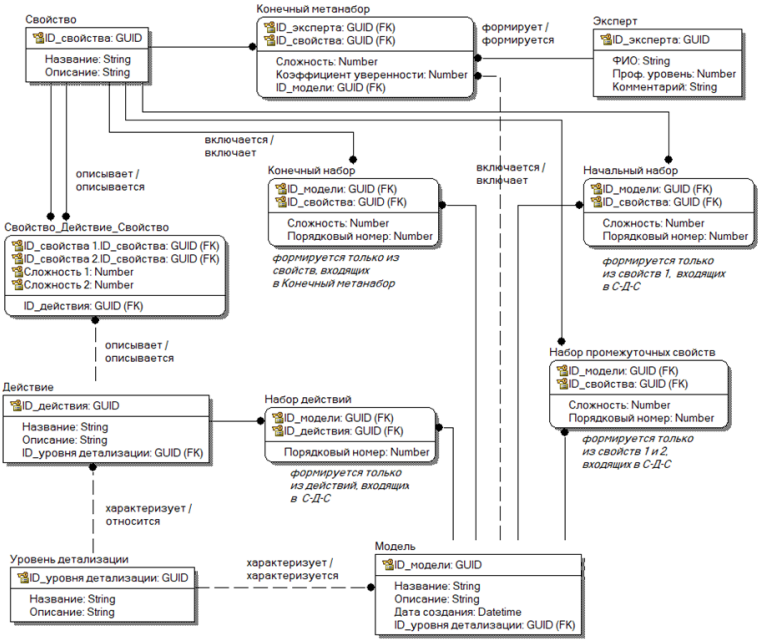


Рис. 6. Логическая модель данных

Сущность «Уровень детализации» хранит информацию о степени детализации свойств объекта; ее структура приведена в табл. 1.

Таблица 1

Сущность «Уровень детализации»

Атрибут	Домен	PK	Описание
ID_уровня детализации	GUID	+	Уникальный идентификатор
Название	String		Краткое название уровня детализации

Например, для создания программ обучения экземпляры данной сущности могут быть следующими: «Названия дисциплин», «Названия модулей», «Названия разделов», «Названия тем», «Названия подтем».

Сущность «Свойство» является справочником такой же структуры, как и сущность «Уровень детализации» и содержит описание характеристики объекта. Например, «Умение выделять фрагмент изображения» или «Знание правил верстки текста».

Сущность «Действие» описывает действия разных уровней детализации; ее структура приведена в табл. 2.

Таблица 2

Сущность «Действие»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_действия	GUID	+		Уникальный идентификатор
Название	String			Краткое название уровня действия
Описание	String			Описание
ID_уровня детализации	GUID		+	Принадлежность данного действия к конкретному уровню детализации

Например, действием уровня «Названия дисциплин» могут быть дисциплины.

Сущность «Свойство–Действие–Свойство» хранит информацию о преобразовании одного свойства со своей качественной характеристикой в другое свойство со своей качественной характеристикой с помощью конкретного действия; ее структура приведена в табл. 3.

Таблица 3

Сущность «Свойство–Действие–Свойство»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_свойства 1	GUID	+		Идентификатор левого свойства
ID_свойства 2	GUID	+		Идентификатор правого свойства
Сложность 1	Number	+		Качественная характеристика левого свойства. Принимает значения от 0 до 1 с точностью до 2 десятичных знаков

Окончание таблицы 3

Сложность 2	Number	+		Качественная характеристика правого свойства. Принимает значения от 0 до 1 с точностью до 2 десятичных знаков
ID_действия	GUID		+	Действие, с помощью которого осуществляется преобразование левого свойства в правое свойство

Данная сущность должна содержать «пустой» экземпляр для описания действия в том случае, если необходимо получить не только начальный и конечный наборы свойств, но и перечень всех промежуточных свойств, а набор действий не нужен. В этом случае свойства будут преобразовываться с помощью этого «неважного» действия.

Сущность «Эксперт» хранит информацию об экспертах; ее структура приведена в табл. 4.

Таблица 4

Сущность «Эксперт»

Атрибут	Домен	PK	Описание
ID_эксперта	GUID	+	Уникальный идентификатор
ФИО	String		Фамилия, имя, отчество
Профессиональный уровень	Number		Обозначение профессионального уровня имеет значения от 0 до 1 с точностью до 1 десятичного знака
Комментарий	String		Область знаний эксперта

Сущность «Модель» хранит информацию о моделях, сформированных с помощью реверсного подхода; ее структура приведена в табл. 5.

Таблица 5

Сущность «Модель»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_модели	GUID	+		Уникальный идентификатор
Название	String			Краткое название модели
Описание	String			Предназначение модели

Окончание таблицы 5

Дата создания	Datetime			Дата создания
ID_уровня детализации	GUID		+	Принадлежность к уровню детализации

Сущность «Конечный метанабор» хранит информацию о мнениях экспертах о целесообразности вхождений свойств в конечный набор свойств объекта; ее структура приведена в табл. 6.

Таблица 6

Сущность «Конечный метанабор»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_эксперта	GUID	+	+	Эксперт
ID_свойства	GUID	+	+	Свойство
Сложность	Number			Качественная характеристика свойства. Принимает значения от 0 до 1 с точностью до 2 десятичных знаков
Коэффициент уверенности	Number			Коэффициент уверенности эксперта в целесообразности присутствия свойства в конечном наборе. Принимает значения от 0 до 1 с точностью до 2 десятичных знаков
ID_модели	GUID		+	Идентификатор модели

Сущность «Конечный набор» содержит набор свойств, характеризующих конечный объект; ее структура приведена в табл. 7.

Таблица 7

Сущность «Конечный набор»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_модели	GUID	+	+	Идентификатор модели
ID_свойства	GUID	+	+	Идентификатор свойства
Сложность	Number			Качественная характеристика свойства. Принимает значения от 0 до 1 с точностью до 2 десятичных знаков
Порядковый номер	Number	+		Порядковый номер свойства в наборе

Экземпляры данной сущности формируются только из экземпляров сущности «Конечный метанабор», среди которых были удалены свойства, средняя оценка коэффициента уверенности для которых меньше заданной величины, и удалены дубликаты свойств. Сложность складывается из усредненной оценки экспертов

Сущность «Начальный набор» содержит набор свойств, характеризующих начальный объект, ее структура приведена в табл. 8.

Таблица 8

Сущность «Начальный набор»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_модели	GUID	+	+	Идентификатор модели
ID_свойства	GUID	+	+	Идентификатор свойства
Сложность	Number			Качественная характеристика свойства. Принимает значения от 0 до 1 с точностью до 2 десятичных знаков
Порядковый номер	Number	+		Порядковый номер свойства в наборе

Экземпляры данной сущности формируются только из экземпляров сущности «Свойство–Действие–Свойство», откуда выбираются только начальные свойства (атрибут «Свойство 1») цепочек, преобразующих одни свойства в другие (дубликаты свойств удаляются; сложность принимается равной максимальной сложности среди дубликатов).

Сущность «Набор действий» содержит набор действий, необходимых для преобразования начального объекта в конечный; ее структура приведена в табл. 9.

Таблица 9

Сущность «Набор действий»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_модели	GUID	+	+	Идентификатор модели
ID_действия	GUID	+	+	Идентификатор действия
Порядковый номер	Number	+		Порядковый номер действия в наборе. Создается по схеме порядковый номер действия в цепочке преобразований_порядковый номер среди действий одинакового номера в цепочке

Экземпляры данной сущности формируются только из экземпляров сущности «Свойство–Действие–Свойство», откуда выбираются только начальные свойства (атрибут «Свойство 1») цепочек, преобразующих одни свойства в другие.

Сущность «Набор промежуточных свойств» содержит перечень всех промежуточных свойств объекта в том случае, если набор действий не нужен; ее структура приведена в табл. 10.

Таблица 10

Сущность «Набор промежуточных свойств»

Атрибут	Домен	PK	FK	Описание
ID_модели	GUID	+		Идентификатор модели
ID_свойства	GUID	+		Идентификатор свойства
Сложность	Number			Качественная характеристика свойства. Принимает значения от 0 до 1 с точностью до 2 десятичных знаков
Порядковый номер	Number	+		Порядковый номер свойства в наборе

Экземпляры данной сущности формируются только из экземпляров сущности «Свойство–Действие–Свойство», откуда выбираются только уникальные значения свойств из цепочек, преобразующих одни свойства в другие (дубликаты свойств удаляются; сложность принимается равной максимальной сложности среди дубликатов).

Заключение

Предложенная функциональная модель была использована при проектировании приложения, осуществляющего построение объекта с заданными характеристиками.

На основе логической модели данных была построена физическая модель данных для данного приложения. В качестве конечного объекта с заданными характеристиками рассматривался обучаемый, обладающий необходимыми компетенциями. В роли свойства использовалась компетенция, знание, умение или навык. В роли действия использовалась тема, подтема или раздел программы обучения.

С помощью спроектированного и реализованного приложения были построены программы дополнительного обучения, используемые на факультете ПММ ВГУ и на курсах дополнительного образования.

Список литературы

1. Мадера, А. Г. Бизнес-процессы и процессное управление в условиях неопределенности : Количественное моделирование и оптимизация. / А. Г. Мадера. – Москва : ЛЕНАНД, 2019. – 160 с.

2. Дубейковский, В. И. Эффективное моделирование с CA ERwin Process Modeler (BPwin; AllFusion Process Modeler). / В. И. Дубейковский. – Москва : Диалог МИФИ, 2014. – 384 с.

3. Черемных, С. В. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. / С. В. Черемных, И. О. Семенов, В. С. Ручкин. – Москва : Финансы и статистика, 2003. – 208 с.

Хеджирование финансовых рисков в фермерских растениеводческих хозяйствах

В. Г. Киселев, email: vgkiselev@yandex.ru

ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *В данной работе рассматриваются некоторые способы хеджирования финансовых рисков в фермерском хозяйстве, занимающимся в основном выращиванием растениеводческой продукции. Особенность такого хеджирования заключается в том, что при заключении сделки хеджирования из-за стохастической природы производства неизвестно количество продукции, которое будет произведено. Показано, что в этом случае хеджирование в значительной степени отличается от классического.*

Ключевые слова: *Растениеводство, критерии, хеджирование, фьючерсы, опционы, форварды.*

Введение

В сельском хозяйстве имеются две основные отрасли: растениеводство и животноводство. Часто в фермерском хозяйстве присутствую обе, но в разных пропорциях. В данной работе будем предполагать, что в хозяйстве преобладает растениеводство. Растениеводческая отрасль является одним из самых рискованных производств. В этой отрасли риски связаны с неопределенностью в урожайности выращиваемых культур и с ценой на производимую продукцию.

Известны три способа борьбы с рисками в таких производствах, каким является растениеводство в сельском хозяйстве. Это: диверсификация производства, страхование и, наконец, хеджирование. Диверсификация производства в растениеводстве в данной работе не рассматривается, поскольку объект исследования – это фермерские хозяйства, специализирующиеся на производстве монокультуры.

Агрострахование, как способ борьбы с погодными рисками, подробно было изучено в [1-2], где показано, что задачу выбора стратегии страхования фермер должен решить неформально, оценивая его результаты. За стабилизацию производства надо платить – это выражается в виде премии, выплачиваемой фермером страховой компании. При отсутствии государственной поддержки средний доход фермера уменьшается и становится тем меньше, чем выше уровень

© Киселев В. Г., 2021

страхования. Тогда возникает вопрос: зачем вообще нужно страхование в таком случае? Жизненный опыт показывает, что люди в большинстве случаев не склонны к риску и поэтому они согласны отказаться от большей прибыли ради уменьшения риска потерь. Далее, имеется в некоторых случаях и экономическое обоснование. Ведь для того, чтобы рассчитывать в хозяйственной деятельности на среднюю урожайность, необходимо складировать производимый продукт (если он складируемый), что ведет к дополнительным затратам.

Таким образом, мы видим, что в страховании урожая имеются как положительные, так и отрицательные стороны. Аналогичные оценки справедливы и для программ страхования дохода от собранного урожая, когда страхуется не только потеря урожая, но и риски снижения цены на производимую продукцию.

Под хеджированием в широком смысле понимаются действия, уменьшающие потери на наличном рынке за счет проведения сделок на финансовом рынке. Для фермера потерями являются недополучение плановой урожайности и снижение на наличном рынке запланированной цены на производимую продукцию.

Хеджирование, как способ борьбы с ценовыми рисками, широко используется на финансовых рынках. Здесь же известные методы ценового хеджирования применяются к сельскохозяйственной специфике. Основная специфика заключается в том, что в растениеводстве необходимо хеджировать доход от товара, объем производства которого и цена реализации которого неизвестны.

1. Два простых способа хеджирования для фермерского хозяйства

Обычно вопросы хеджирования рассматриваются для случаев, когда величина актива на наличном рынке известна, а в данном случае активом является урожай – случайная величина. Прежде чем описать хеджирование в этих условиях, изложим [3-5] два самых простых классических (с известным количества актива) способа хеджирования. Дальше будет показано, как эти методы применить для нашего случая с неопределенным количеством актива. Модифицированная схема такого хеджирования может быть использована фермерами, не очень искушенными в биржевых делах.

Форвардный контракт

Это самый простой способ хеджирования. Он заключается в следующем: фермер (продавец) заключает непосредственную сделку с покупателем о продаже ему определенного количества товара по заранее оговоренной (форвардной) цене в определенный, заранее оговоренный момент; В момент заключения контракта никто ничего не платит и

поэтому нет никакой защиты от уклонения обеими сторонами от выполнения условий контракта.

Фьючерсное хеджирование

Фьючерсный контракт – это обязательство поставить определенное количество товара по определенной цене в указанном месте на заранее договоренную дату. Фьючерсный контракт стандартизирован по следующим пунктам: количество, качество, время и место поставки. Цена устанавливается на сырьевой бирже в ходе свободного биржевого торга.

Расчеты по фьючерсному контракту продажи, заключенному весной во время посева, проводятся осенью после уборки урожая путем заключения компенсационной (офсетной) сделки покупки или поставкой реального товара по условиям заключенной сделки. Как показывает практика, последний случай по сельскохозяйственным сделкам реализуется менее, чем в 2% случаях.

Функция фьючерсной биржи сводится к организации всего процесса торговли, выступая в качестве посредника при установлении цены в ходе биржевого торга, предоставлении торговых площадок.

Фьючерсная сделка защищена от риска невыполнения контракта благодаря механизму применения маржи. Маржа в данном случае фьючерсной торговли – это средства, которые фермер (продавец фьючерсного контракта) должен передать в качестве залога брокерской конторе, а та, в свою очередь, передает их клиринговой палате – организатору исполнения сделки. Величина маржи определяется брокерской фирмой с учетом правил брокерской и клиринговой палат. Обычно величина маржи выражается в процентах от величины сделки.

Теперь о сути классического фьючерсного хеджирования. Пусть цена на продукт упала. Поскольку цены на товар на наличном и фьючерсном рынках имеют тенденцию к коррелированности, то и фьючерсная цена уменьшилась и убытки, понесенные на наличном рынке из-за снижения цен, будут в какой-то степени компенсироваться на фьючерсном рынке путем заключения фьючерсной сделки покупки фьючерсного контракта с теми же параметрами, что и в заключенном ранее контракте продажи, но по другой, более низкой осенней фьючерсной цене. Говорят, что при этом занимается противоположная позиция на фьючерсном рынке и реальном рынке.

Рассмотрим теперь случай, когда цена на наличном рынке осенью стала больше прогнозируемой. Тогда фермер продает свой товар на наличном рынке и получает выигрыш по сравнению с планируемым. Но из-за коррелированности наличных и фьючерсных цен и фьючерсная цена выросла. Поэтому при закрытии весенней фьючерсной позиции

путем покупки такого же количества фьючерсов, но по более высокой цене, фермер понесет убытки, которые компенсируют выигрыш на наличном рынке.

Такой тип хеджирования называется коротким хеджем. Недостатком короткого хеджа является то, что утрачивается возможность получить прибыль от повышения цен.

Сравнение стратегий форвардного и фьючерсного хеджирования

Описанные выше две стратегии хеджирования обладают разными свойствами и выбор одной из них неоднозначен

Форвардный контракт заключается непосредственно с конкретным покупателем, которого можно найти в этом же районе. Условия этой сделки, возможно, далеко не оптимальные.

Неудобство форвардного контракта заключается в том, что фермер непосредственно должен искать себе покупателя на свой товар и в отсутствии гарантии на исполнение этого контракта как со своей стороны, так и со стороны покупателя.

Заключение фьючерсного контракта на продажу проводится в гораздо более благоприятных условиях на фьючерсной бирже с незнакомыми, возможно, более выгодными, покупателями, поскольку круг этих покупателей гораздо шире, чем при форвардной торговле. Но за эти удобства требуется платить в виде определенной страховой маржи. Таким образом, при одном и том же уровня хеджирования риска заключение фьючерсного контракта с использованием фьючерсной биржи гораздо более удобнее и, возможно, более выгоднее в смысле продажной цены, но за эти преимущества следует платить. И еще, выбор стратегии хеджирования зависит от того, кто продает выращенный товар. Если это простой фермер, не знакомый с биржевыми технологиями, то он наверняка выберет форвардный контракт.

2. Хеджирование в условиях неопределенности количества выращенного продукта

Детальное исследование на эту тему не является целью данной статьи, но сейчас приведем два способа хеджирования в условиях неопределенности объемов производства – форвардное и фьючерсное хеджирование а также хеджирование опционом ПУТ. Будем предполагать, что справедливы законы классического рынка, т. е. с увеличением на рынке количества товара цена на него падает и наоборот.

Рассмотрим теперь типичный случай хеджирования дохода от ожидаемого урожая. Пусть весной при посеве некоторой культуры

прогнозируется собрать урожай в количестве Y_p (прогнозируемый урожай) и продать его по цене c_p. Ожидаемая выручка равна $R_p = Y_p \times c_p$.

Форвардный контракт

Это самый простой способ хеджирования. Как было описано выше, он заключается в следующем. Фермер заключает непосредственную сделку с покупателем о продаже ему определенного количества товара по заранее оговоренной (форвардной) цене c_p в определенный, заранее оговоренный момент; В момент заключения контракта никто ничего не платит.

Осенью возможны следующие варианты.

1. $Y > Y_p$, т.е. собранный урожай не меньше планируемого. В этом случае заключенная весной сделка должна нормально состояться и фермер продает договорной объем продукции по заранее договорной цене. При этом фермер с заключением форвардного контракта гарантирует себе получение определенного дохода, но в то же время он теряет возможность получить дополнительный доход при более высокой цене на наличном рынке, чем договорная форвардная цена (если такое случится).

2. $Y < Y_p$. Критическая ситуация: фермер не может выполнить форвардный контракт и данная ситуация должна быть разрешена дополнительными договоренностями. В частности, покупатель может обратиться в суд.

Фьючерсный контракт

Пусть весной при посеве некоторой культуры прогнозируется собрать урожай в количестве Y_p и продать его по цене c_p. Ожидаемая выручка равна $R_p = Y_p \times c_p$. На биржевом рынке весной осенние фьючерсы на этот товар продаются по цене страйк c_{f0}.

Весной открываем короткую позицию, т.е. продаем фьючерсный контракт на весь прогнозируемый урожай Y_p по фьючерсной цене c_{f0} с исполнением осенью, т.е. берем на себя обязательство продать весь этот товар в количестве Y_p по этой цене c_{f0}.

Рассмотрим теперь ситуации осенью в момент уборки урожая.

1. Полученный урожай оказался меньше планируемого, т.е. $Y < Y_p$. Если такая тенденция наблюдается у большинства продавцов

аналогичного товара, то цена на этот товар по законам рынка в этом случае возрастает, т.е. $c > c_p$. На товарном рынке, продав всю выращенную продукцию Y, получим выручку $R = Y \times c$. Возможны два случая: полученная выручка или больше или меньше запланированной, но в любом случае на фьючерсной бирже должны закрыть открытую ранее короткую позицию, купив фьючерс на покупку всего товара в количестве Y_p по текущей цене c_f. Так как по выше названной причине должно быть $c_f > c_{f0}$, то на фьючерсном рынке получим убыток, равный $(c_{f0} - c_f)Y_p$ $(c_f - c_{f0})Y_p$ и в результате от такого хеджирования получим только отрицательный результат.

2. Пусть теперь $Y > Y_p$. Предположим теперь, что такой хороший результат и у большинства продавцов этого товара на фьючерсной бирже. Тогда должны выполняться следующие соотношения: $c_f < c_{f0}$ и $c < c_p$. Тогда, продав товар по меньше, чем запланирована цене, на фьючерсном рынке получим компенсацию при совершении обратной сделки, покупая фьючерс на сумму $(c_{f0} - c_f)Y_p$. Суммарный результат будет зависеть от конкретного урожая и конкретных цен, но в любом случае хеджирование обеспечивает некоторую компенсацию возможной потери на реальном рынке.

Хеджирование опционом ПУТ

Рассмотрим еще один способ хеджирования доходов, похожий на форвардное и фьючерсное хеджирование, приемлемый для фермерского хозяйства – хеджирование опционом ПУТ. Опцион ПУТ – это право на продажу базового фьючерсного контракта по определенной, заранее установленной цене. Цена СТРАЙК – это фиксированная цена, оговоренная в опционе – цена исполнения опциона.

Для покупки фермером любого опциона не требуется платить маржу – гарантийное обеспечение сделки. Но покупатель опциона вносит плату за права, которые дает опцион. Эта плата называется ПРЕМИЕЙ. Величина премии определяется в результате торгов между покупателями и продавцами с использованием технических возможностей биржи. Для опциона ПУТ премия возрастает с ценой страйк опциона.

У продавца опциона имеются обязательства перед биржей и он обязан внести маржу – гарантию исполнения контракта.

Стратегия хеджирования: покупка опционов ПУТ

Эта стратегия защищает от снижения цены и позволяет получить выгоду при ее повышении. Действия фермера в этом случае следующие.

Весной, после анализа текущего состояния рынка и исходя из прогноза рынка на осень, фермер покупает опцион ПУТ с исполнением осенью с выбранной страйк ценой c_{f0}, заплатив за это премию в размере $\Pi(0)$, которая зависит от страйк цены выбранного опциона. Осенью возможны два случая.

Осенью возможны следующие варианты.

1. Полученный урожай оказался меньше планируемого, т.е. $Y < Y_p$. Как мы предположили выше, в этом случае справедливы следующие соотношения: $c > c_p$ и $c_f > c_{f0}$. Фермер продает товар по текущей рыночной цене c и получает выручку $R = Y \times c$. На фьючерсном рынке позволяет опциону истечь и тогда чистая выручка будет равна $RC = R - \Pi(0)$ Эта выручка может быть больше запланированной за счет большей цены. В худшем случае теряется выплаченная премия.

2. Полученный урожай больше запланированного, т.е. $Y > Y_p$. По законам рынка цены в этом случае должны быть снижены, т.е. $c < c_p$ и $c_f < c_{f0}$. Тогда на товарном рынке, продав всю выращенную продукцию по текущей рыночной цене, получим выручку $R = Y \times c$, которая может быть меньше расчетной. На фьючерсном рынке купленный весной опцион пут продадим по текущей фьючерсной цене, получив за него премию $\Pi(T)$. В результате такого хеджирования после продажи выращенной продукции на товарном рынке фермер получит чистую выручку в размере $RC = R + \Pi(T) - \Pi(0)$ Премия равна сумме внутренней и временной стоимостей опциона. Внутренняя стоимость опциона – это денежная сумма, которая может быть получена в настоящее время при исполнении опциона по текущей цене базового фьючерса и в момент экспирации равна $(c_{f0} - c_f)$. Далее, временная стоимость в момент экспирации равна нулю и, следовательно, на фьючерсном рынке хеджер получит компенсацию в размере $RF = Y_p \times (c_{f0} - c_f)$ и чистую выручку $RC = R + RF - \Pi(0)$.

Таким образом, мы видим, что результаты применения хеджирования покупкой опциона ПУТ в случае, когда урожай неизвестен, могут существенно отличаться от классического хеджирования с известным количеством актива. Поэтому до того, как

применять какие-либо методы хеджирования в каждом конкретном случае необходимо провести дополнительные исследования.

Заключение

Из изложенного выше ясно, что хеджирование в условиях неопределенности количества производимой продукции существенно отличается от классических способов хеджирования и отсюда следует, что перед заключением контракта по хеджированию следует провести дополнительные исследования о целесообразности и объемах хеджирования.

Список литературы

1. Kiselev, V. G. Information support in agri-insurance / V. G. Kiselev // IEEE Xplore Digital Library. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD), Moscow, Russia, 2017. – P. 255-260

2. Киселев, В. Г. Обоснование региональной мультирисковой программы страхования сельскохозяйственных культур / В. Г. Киселев // сб. трудов Управление большими системами, Выпуск 61. – М.: ИПУ РАН. 2016. – С. 168–190.

3. Боди, З. Финансы / З. Боди, Р. Мертон. – М. : Вильямс, 2003. – 592 с.

4. Халл, Д. К. Опционы, фьючерсы и другие производные финансовые инструменты / Д. К. Халл. – М. : Издательский дом Вильямс, 2008. – 1024 с.

Модель определения периодичности контроля работ проекта

О. А. Коновалов, email: Oleg-070707@yandex.ru
В. Н. Забавников, email: email: zabvn@mail.ru
А. П. Чернышов, email: Cherntol19@yandex.ru
М. А. Тачаев, email: Mtach-99@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе рассматривается подход к определению периодичности контроля сложных систем путем расстановок точек контроля. Предложенная модель позволяет руководителю проекта контролировать его на различных этапах реализации и принимать соответствующие решения о перераспределении ресурсов.*

Ключевые слова: *контроль, работа, интенсивность, ресурсы, проект.*

Введение

Анализ известных методов, моделей и алгоритмов, на основе которых строятся системы связи и передачи информации, показывает, что точные эффективные методы распределительных задач получены только для ряда частных постановок [1].

Использование методов комбинаторного анализа приводит к перебору большого числа вариантов распределений ресурсов, и находит ограниченное применение для адаптивной корректировки планов в реальном режиме времени, а применение эвристических приемов приводит к потере управления уже на стадии планирования. Применение искусственных нейронных сетей для решения распределительных задач в системах связи, находит ограниченное использование на практике в силу достаточно большой вычислительной сложности решения нейрозадач [2].

Применение списочных (приоритетных) алгоритмов допустимо лишь при наличии очередности рутинных задач и малоэффективно в случае оперативного изменения плана в условиях неопределенности, обеспечивая при этом низкую адаптивность. Выбор состава распределяемых ресурсов, реализующих набор работ, является одной из наиболее сложных задач в проектировании систем связи.

В работе рассматривается задача распределения ограниченных ресурсов с постоянной и переменной интенсивностью выполнения работ в сложных системах.

© Коновалов О. А., Забавников В. Н., Чернышов А. П., Тачаев М. А., 2021

1. Постановка задачи

Проектами называют процессы изменений, то есть неповторяющиеся процессы, требующие для своей реализации специальных методов управления [1]. Работы в проекте выполняются как последовательно, так и параллельно, причем между ними существуют зависимости по ресурсам. Технологическая зависимость между работами задается в виде сети.

Каждый проект описывается двумя характеристиками – объемом проекта $W_{пр}^{пл} = W_{пл} = (W_{пл}(t), t_{пл})$ и зависимостью скорости реализации $w_{пр}(t) = f_j(x_j(t))$ от количества ресурсов $x_j(t)$ в момент времени t. Моменты начала и завершения проекта связаны с его объемом при переменной интенсивности его выполнения следующим соотношением:

$$W_{пр} = \int_0^t f_j[x_j(t)]dt, \qquad (1)$$

В случае, когда работа выполняется с постоянной интенсивностью, то зависимость скорости реализации проекта $f_j(x_j(t))$ является вогнутой функцией и при равномерном уровне ресурсов задается как: $x_j(t) = x_j$, $j = \overline{1,n}$, $t \in [t_{нач}, t_{кон}]$. В частном случае величина $f_j(x_j(t))$, может задаваться, например, в виде: $x_j(t) = x_j^{\gamma}$, $0 < \gamma < 1$, $j = \overline{1,n}$ или $x_j(t) = x_j / (x_j + a)$, $j = \overline{1,n}$, а также другими функциями [3, 4].

Распределение ресурсов задается $w_{ср}(t)$ – средней интенсивностью выполнения работ. Принимая $W_{пр} = W_{пр}^{пл}(t)$, получим:

$$W_{пр}^{пл}(t) = \int_0^t w_{ср}(t)dt, \qquad (2)$$

Зависимости между работами отображаются в виде сетевой модели (СМ). Продолжительность проекта при этом зависит от функций скорости выполнения проекта. Таким образом, следует распределить ресурсы так, чтобы проект был завершен за минимальное время. Рассмотрим задачу контроля хода работ при распределении ресурсов.

2. Задача контроля хода работ проекта

Пусть проект N состоит из набора работ, технологическая зависимость между которыми задается в виде сети; на реализацию проектов выделены различные виды ресурсов S, R – множество работ многопроектной разработки, обеспечивающее выполнение всех проектов, которые определяются заранее заданным списком, P –

множество всех исполнителей, $M_j^{\max}$ – максимально возможное число составляющих единиц ресурса для выполнения j-ой работы, $j \in R$.

Для достижения цели проекта в системе должен быть выполнен требуемый объем работ за минимальное время. Будем считать, что каждая работа проекта характеризуется видом ресурса, которым она может быть выполнена в заданные сроки и производительностью исполнителей. Для того чтобы проект был выполнен в срок, необходимо контролировать ход выполнения работ. В случае, когда обнаруживается отставание от планируемого хода работ, руководитель должен принять решение о перераспределении исполнителей на более трудоемкие работы. Для этого требуется определить период контроля системы путем расстановкой точек через определенные промежутки времени:

$$t_k = K_{пар} \cdot \frac{((w_{\max} - \beta_{k-1}) \cdot t_{пл} - w_{\min} \cdot t_{k-1}) - (W_{пл}(t) - W(t_{k-1}))}{w_{\max} - w_{\min} - \beta_0} \qquad (3)$$

где $K_{пар}$ – коэффициент параллельности работ; определяется из (5):

$$K_{ПАР} = \frac{\sum_{\gamma=1}^{m} D_\gamma}{L_{кр}}, \qquad (4)$$

где $\sum_{\gamma=1}^{m} D_\gamma$ – продолжительность всех работ проекта;

$L_{кр}$ – длина критического пути СМ.

На рисунке представлена шкала времени контроля работ в соответствии с выполненными объемами работ [2].

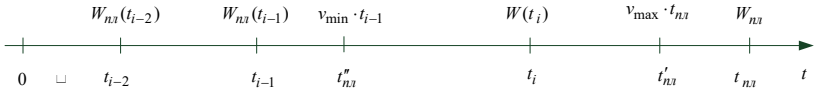


Рисунок. Шкала времени контроля работ

Коэффициент $\beta_k = \frac{W_{пл}(t) - W(t_{i-1})}{t_{пл} - t_{k-1}} - \frac{W(t_k)}{t_k}$ показывает скорость отставания (или опережения) работ от средней скорости выполнения проекта и обеспечивает непопадание системы в области, в которых она не сможет выполнить плановое задание. При этом принимается решение об увеличении или уменьшении периодов контроля проекта. Время $t_{пл}$ – планируемое время завершения выполнения проекта. Этому периоду

соответствует плановый объем проекта $W_{пл}$; t_k – время k-го контроля, т.е. следующего периода контроля проекта. Этот период должен соответствовать объему работ проекта $W(t_k)$, т.е. в следующий период контроля. После этого контроля принимается решение об определении следующих периодов контроля выполнения работ проекта, чтобы выполнить все работы вовремя к моменту времени $t_{пл}$; время t_{k-1} – время предыдущего $(k-1)$ контроля выполнения проекта, т.е. текущее время выполнения проекта. Этот период соответствует фактически выполненному объему работ проекта $W(t_{k-1})$ на настоящий момент времени. После этого принимается решение о перераспределении ресурсов β_0 в зависимости от значения коэффициента β_k и определении следующего периода контроля t_k, чтобы выполнить все работы к моменту времени $t_{пл}$; $w_{\max}$ и $w_{\min}$ – максимальная и минимальная интенсивности выполнения работ соответственно.

Если величину $w_{\min}$ можно получить из выражения (4), то $w_{\max}$ связана с плавной интенсивностью работ и находится из выражения:

$$w_{\max} = \frac{\mu - 1}{\mu} \cdot w_{\min} + \frac{w_{пл}}{\mu}, \qquad (5)$$

где коэффициент $\mu = \sqrt[k+1]{1 - \frac{t_{пл} - \Delta_T}{t_{пл}}}$; $w_{пл} = \frac{W_{пл}}{t_{пл}}$ – плановая интенсивность работ проекта; Δ_T – точность задания планового срока выполнения работ в системе, $t_{пл} \pm \Delta_T$.

Таким образом, рассмотренный подход к контролю системы обеспечивают ее непопадание в области, в которых она не сможет выполнить плановое задание в срок. Индивидуальные же особенности выполнения работ при распределении ресурсов учитываются при поиске оптимального числа периодов контроля в проекте.

3. Функции зависимости скорости выполнения проекта

Для того чтобы проект был завершен за минимальное время рассмотрим подробнее функциональные зависимости скорости выполнения работ проекта от количества назначенных ресурсов.

Анализ графиков показывает, что наиболее лучшим образом описывается распределение ресурсов функциями зависимости вида $f_i(u_i) = u^{\alpha}$, при $0 < \alpha < 1$, $i = \overline{1,n}$ и $f_i(u_i) = au_i$.

Данные функции хорошо интерпретируют идеальную зависимость скорости выполнения проекта от назначенных ресурсов, но лишь для случая, когда назначено достаточно большое количество специалистов.

Рассмотрим еще одну функцию $f_i(u_i)$, с помощью которой возможно получить агрегированную модель, интерпретирующую идеальную зависимость скорости выполнения проекта от ресурсов.

Агрегированную интерпретацию функции рассмотрим в виде [3]:

$$f_i\left(u_i\right) = au_i^b \cdot e^{cu_i}, \tag{6}$$

где a, b и c – неизвестные коэффициенты.

Прологарифмировав (7) получим:

$$\ln\left(f_i\left(u_i\right)\right) = \ln a + b\ln u_i \cdot cu_i, \tag{7}$$

С учетом того что время реализации проекта определяется как [4]

$$T_0\left(u_i\right) = \frac{W_1}{f_1\left(u_1\right)} + \frac{W_2}{f_2\left(u_2\right)} + \ldots + \frac{W_n}{f_n\left(u_n\right)}, \text{ т. е. } T\left(u_i\right) = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i}{f_i\left(u_i\right)}, \tag{8}$$

то скорость реализации проекта в зависимости от назначенных ресурсов будет определяться по выражению

$$f_0\left(u_i\right) = \sum_{i=1}^{n} W_i / T_0\left(u_i\right), \tag{9}$$

Определив T и $f_i(u_i)$ для каждого u_i и решив соответственно систему логарифмических уравнений получим, неизвестные коэффициенты a, b и c для функции вида (7) будут найдены.

Идеальная же зависимость скорости выполнения проекта от назначенных ресурсов считается условной, в связи с тем, что на практике приходится учитывать, как уровень подготовки (квалификации) каждого специалиста при выполнении задач, так и его производительность в периоды врабатываемости и спада в начале и в конце периодов рабочего дня соответственно.

Заключение

Таким образом, для каждой области использования при соответственном качестве работ и состояния ресурсов зависимость скорости выполнения проекта будет различной, а, следовательно, появляется необходимость в управляющих воздействиях и в выравнивании производительности ресурсов, либо привлечении дополнительных ресурсов. Рассмотренный подход контроля хода выполнения проекта путем расстановок точек контроля найдет

применение при управлении и прогнозировании состояния инфокоммуникационных систем, организации строительства, ремонта и обслуживания сложных технических систем.

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. Методы и модели оперативного управления распределением ресурсов : монография / О. А. Коновалов, Е. В. Коновальчук. – Германия: Palmirium Academic Publishing, 2019. – 177 с.

3. Старцев, В. Н. Метод агрегирования последовательных операций с зависимостями вида $f_i(u_i) = au^b \cdot e^{cu}$ / В. Н. Старцев // Управление большими системами / Сборник трудов. – М. : ИПУ РАН, 2006. – Вып. 12-13. – С. 153-160.

4. Коновалов, О. А. Идеальное агрегирование комплекса операций в трехмерном фазовом пространстве при решении задач обслуживания техники / О. А. Коновалов, Е. В. Коновальчук, Д. Н. Ледовских, К. А. Малыков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. Воронеж, 2013. – №1. – С. 95-102.

Подходы к решению задач распределения ограниченных потоков ресурсов

О. А. Коновалов, email: Oleg-070707@yandex.ru
С. Р. Каберов, email: sanek11.91@inbox.ru
В. С. Никитин, email: Nikvs@yandex.ru
А. П. Чернышов, email: Cherntol19@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе рассматривается подходы к решению задач распределения ресурсов на сетях путем построения дерева задач и с учетом функции взаимодействия ресурсов. Предложенные целевые функции распределения ресурсов позволяют осуществлять оперативное управление проектами.*

Ключевые слова: *распределение ресурсов, взаимодействие, проект, работа.*

Введение

Задачи распределения ресурсов являются одними из наиболее распространенных задач управления проектами. Под ресурсами понимаются трудовые ресурсы, технические и материальные средства, финансы и т.п. Распределительные задачи позволяют найти такое распределение ресурсов по выполняемым работам, при котором выбранный критерий достигает своего экстремального значения. Класс распределительных задач объединяет задачи, отличающиеся видом целевой функции (ЦФ) и ограничений, количеством ограничений и другими характеристиками. Выбор состава распределяемых ресурсов, реализующих набор алгоритмов (работ), является одной из наиболее сложных задач в проектировании систем управления. При этом распределение ограниченных ресурсов и планирование работ представляют два связанных аспекта этой задачи.

Описание процесса функционирования проекта осуществляется посредством формирования его модели. На сегодняшний день при моделировании процесса управления проектами не принимается во внимание тот фактор, что сетевая модель (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 ресурсов во времени, но и возможность его контроля [1].

© Коновалов О. А., Каберов С.Р., Никитин В.С., Чернышов А. П., 2021

1. Постановка задачи

Проектами будем называть процессы изменений, то есть неповторяющиеся процессы, требующие для своей реализации специальных методов управления [1]. Время выполнения проекта при этом должно быть минимальным и обеспечить более быстрое завершение всех задач. Это обуславливается перераспределением ресурсов в ходе проекта и соответствующими ограничениями (техническими, организационными и ресурсными) накладываемыми на данные операции. Будем считать, что проекты могут содержать такие типы работ, от которых зависит время завершения проектов и их ход реализации. Каждая работа проекта характеризуется видом ресурса, которым она может быть выполнена в заданные сроки, а также производительностью исполнителей.

Введем условные обозначения исходных данных, независимых и зависимых переменных. Пусть проект N состоит из набора работ, технологическая зависимость между которыми задается в виде сети; на реализацию проекта выделены различные виды ресурсов S; R – множество работ проекта, которые определяются заранее заданным списком; P – множество исполнителей; p_j – множество исполнителей, одновременно выполняющих j-ю работу, $p_j \in P$; $M_j^{\max}$ – максимально возможное число составляющих единиц ресурса для выполнения j-й работы, $j \in R$; Q_j –производительность исполнителя, задействованного для выполнения j-й работы; $t_j^{\max}$ и $t_j^{\min}$ – максимально и минимально допустимые моменты времени соответствующие началу выполнения j-й работы соответственно; t_0 и t – моменты времени, соответствующий начальному и конечному состоянию проекта соответственно; c_{ij} – затраты ресурсом i на работу j (весовой коэффициент j-ой работы); b_i – число единиц ресурса i-го вида, $i = \overline{1,S}$; $w_{ij}^{\max}(t)$ и $w_{ij}^{\min}(t)$ – максимально и минимальная допустимые интенсивности выполнения работ проекта соответственно.

Система функционирует в реальном времени и ее состояние в каждый момент времени будет определяться набором числовых параметров $x_{ij}(t)$, p_j, $p_j \in P$, $i \in S$, $j \in R$. Примем следующие ограничения: длительность работ и интенсивность их выполнения ограничена; работы могут выполняться одним видом ресурсов; перевод ресурсов с завершенной работы на следующую не связан с затратой времени; в каждый момент времени суммарное количество

используемого ресурса не превышает количества располагаемого системой этого ресурса.

Имея описания всех работ проекта, на первом этапе решается задача распределения ограниченных ресурсов по зависимым операциям. Рассматриваемый подход решения задачи обусловлен тем, что все работы начинаются одновременно и при окончании любой работы ресурсы будут перераспределяться на такие работы, которые по своей продолжительности максимальны по отношению к другим. При этом все работы выполняются в определенной последовательности. На втором этапе решаются задачи распределения ресурсов по каждому проекту отдельно. Зависимости между работами отображаются в виде СМ. Требуется определить СМ (экстремальный граф), определяемую оптимальным распределением ресурсов. При этом следует распределить ресурсы так, чтобы проект был завершен за минимальное время и были точно и в срок выполнены поставленные задачи.

2. Построение дерева задач

Рассмотрим подход к решению задачи распределения ограниченных ресурсов путем построения дерева задач [2].

Процесс распределения ресурсов можно смоделировать сетевым графом $G = (V, A)$, где V – множество вершин графа, формирующих множество событий S (моменты окончания одной или нескольких работ) проекта; A – множество дуг, соответствующих операциям (работам R, обеспечивающих выполнение всех задач); $A \subseteq V^2$. Переходы между работами определяют события проекта. Проведя декомпозицию работ, получим дерево D^N задач, описывающее структуру проекта N, в корне которого – проект в целом. Место некоторой операции в дереве D^N задачи распределения ресурсов определяется номером уровня декомпозиции, который обозначим через $u^N = \overline{0, U^N}$. При этом работа, выполняемая в ходе операции будет находиться на уровне, имеющем номер $u^N = 0$. На следующем уровне декомпозиции ($u^N = 1$) размещается множество работ, выполнение которых осуществляется параллельно и обеспечивают достижение общей цели проекта:

$$N = \left\{ N_{z1}, z1 = \overline{1, Z1} \right\}, \qquad (1)$$

где $z1$ – номер задачи 1-го уровня иерархии.

На уровне декомпозиции $u^N = 2$ расположены совокупности работ, выполнение которых необходимо для параллельного распределения ресурсов работ 1-го уровня:

$$N_{z1} = \left\{ N_{z1,z2_{z1}}, z1 = \overline{1, Z1},\ z2_{z1} = \overline{1, Z2_{z1}} \right\}, \quad (2)$$

где $z2_{z1}$ – номер задачи уровня 2, обеспечивающей решение задачи с номером $z1$ предыдущего иерархического уровня проекта и т.д.

При построении дерева D^N задачи распределения ресурсов необходимо использовать следующие правила [2]:

работа выполняемая в различных условиях, в дереве D^N должна быть представлена отдельным узлом дерева;

при осуществлении декомпозиции могут быть повторяющиеся узлы;

одна и та же работа может размещаться на разных уровнях декомпозиции, но обязательно в разных ветвях дерева;

необязательна одинаковая глубина декомпозиции по ветвям дерева.

Необходимо отметить, что дерево D^N задачи распределения ресурсов необходимо строить для трудовых ресурсов и материальных ресурсов отдельно, а затем накладывать оба дерева друг на друга. На верхнем уровне решения принимаются на основе показателей руководителем всего проекта, а на нижних уровнях – руководителями подпроектов. Такой подход позволит рассматривать весь проект как одну работу, обладающую стандартным набором атрибутов (время выполнения, привязка к исполнителям, ресурсам и т.д.) с соответствующими ограничениями, что и будет вписываться в систему управления проектами.

3. Распределение ресурсов с учетом экспертных оценок

Каждый проект описывается как операция двумя характеристиками – объемом проекта W и зависимостью скорости реализации проекта от количества ресурсов $x_{ij}(t)$ в момент времени t [3]:

$$w_{ij}(t) = f(x_{ij}(t)), \quad (3)$$

В случае, когда работа выполняется с переменной интенсивностью, необходимо определять ее объем W_j и зависимость $w = f(x)$ скорости работы от количества задействованных ресурсов. Задавая моменты времени $t_j^{нач}$ и $t_j^{кон}$ – начала и окончания j-й работы соответственно, W_j определяется как:

$$W_j = \int_{t_j^{нач}}^{t_j^{кон}} f[x_{ij}(t)]dt\,. \qquad (4)$$

Для зависимости скорости операции от количества ресурсов типично, что с ростом их количества, средняя производительность растет, а затем она начинает падать.

Производительность исполнителя при выполнении j-й работы, объемом W_j будет определяться отношением:

$$Q_j = \frac{W_j}{\tau_j}\,. \qquad (5)$$

где $\tau_j = t_j^{кон} - t_j^{нач}$ – затраченное время на выполнение j-й работы.

В свою очередь τ_j определяется как:

$$\tau_j = y_{ij} f(b_i, W_j)\,. \qquad (6)$$

где y_{ij} – коэффициент взаимодействия, определяющий влияние количества исполнителей и их профессиональных качеств в ходе операции на суммарную производительность.

Указанный коэффициент определяется выражением [3]:

$$y_{ij} = \psi(n)\,. \qquad (7)$$

где $\psi(n)$ – задается на уровне экспертной оценки, вид зависимости определяется из практики; $n = \left|B_j\right|$, B_j – множество исполнителей, одновременно выполняющих j-ю работу, $B_j \in B$.

Зависимости $f(\cdot)$ и $\psi(\cdot)$ задаются на уровне экспертной оценки процессе проекта в результате накопления статистических данных и коррекции зависимостей в соответствии с имеющейся статистикой. Тем самым будет реализовываться оперативное управление проектом.

Рассмотрим ограничения на ресурсы:

$$F(t) = \sum_{k=t_0}^{t} \sum_{i=1}^{S} c_{ij} \cdot x_{ij}(t) / Q_j, \quad \forall k \in [t_0, t]; \qquad (8)$$

$$t_j^{\min} \le t_j^{кон} - t_j^{нач} \le t_j^{\max} \qquad (9)$$

где $t_j^{нач}, t_j^{кон} \ge 0$, $j \in R$;

$$w_{ij}^{\min} \le w_{ij}(t) \le w_{ij}^{\max},\ t \in [t_j^{нач}; t_j^{кон}],\ i \in S,\ j \in R; \qquad (10)$$

$$\int_{t_j^{нач}}^{t_j^{кон}} w_{ij}(t)dt = W_j\ ,\ i \in S\ ,\ j \in R\ ; \tag{11}$$

$$1 \le x_{ij}(t) \le M_j^{\max}\ , \tag{12}$$

где $x_{ij}(t)$ – целое, $i \in S$, $j \in R$.

$$\sum_{j \in R} x_{ij}(t) \le b_i\ ,\ k \in [t_0, t]\ ,\ i = \overline{1,S}\ . \tag{13}$$

Условие (8) – ЦФ, требующая максимизации для получения максимального эффекта при оптимальном распределении ресурсов. Условия (9)–(11), (12), (13) – технические и организационные ограничения. Любое решение, удовлетворяющее условиям (8)–(13), является допустимым для выбранной модели.

Рассмотрим ЦФ (8). Подставляя в (8) выражения (4) – (7) получим:

$$F(t) = \sum_{k=t_0}^{t} \sum_{i=1}^{S} \frac{c_{ij} \cdot x_{ij}(t) \cdot \psi(n) \cdot f(b_i, W_j)}{\int_{t_j^{нач}}^{t_j^{кон}} f\left[x_{ij}(t)\right]dt}\ . \tag{14}$$

Начальное состояние системы $F(t_0) = 0$. Построим вектор-строку возможных приращений Δ_j ЦФ $F(t)$, при условии, что выполнение работ множества A_σ назначается одна единица ресурса i , и определим ее максимальное приращение $\Delta_{\max}$:

$$\Delta_j = f(x_{ij\sigma} + 1) - f(x_{ij\sigma}) = \frac{c_{ij} x_{ij\sigma}}{Q_j} + \frac{c_{ij}}{Q_j} - \frac{c_{ij} x_{ij\sigma}}{Q_j} = \frac{c_{ij}}{Q_j}\ , \tag{15}$$

где $f(0) = 0$, а максимальное приращение ЦФ (8):

$$\Delta_{\max} = \max_j \Delta_j\ ,\ \Delta_j \in A_\sigma\ ,\ \Delta_{\max} \ne 0\ . \tag{16}$$

Для построения СМ, определяется множество работ $R1$, включенных в ресурсный граф и множество работ R_σ , свободных от технологических условий ($R_\sigma \ne \emptyset$, $\sigma = 1,2,\mathsf{K}$). В начальный момент времени, $x_{ij\sigma} = 0$ и $\sigma = 1$. Определив приращение ЦФ, осуществляется назначение ресурсов на j -ю работу и производится проверка исчерпаемости свободных ресурсов в системе [4]. Для того чтобы распределение ресурсов в каждый момент времени t_σ , $\sigma = 1,2\mathsf{K}$, было оптимальным, необходимо учитывать изменения состояния в системе в

связи с окончанием определенного ряда работ, ставших свободными от технологических условий. В момент времени t_σ в распределении будут участвовать все ресурсы, на которые назначены работы. Выделяя и определяя из множества $J1_\sigma$ подмножество предшествующих работ, обеспеченных ресурсами, но окончание которых еще не наступило, вычисляется продолжительность их выполнения, сроки их завершения и перераспределяют ресурсы на более трудоемкие работы. Множество работ, каждую из которых на шаге σ можно определить и включить в ресурсный граф – нумеруется, причем части работ, на каждой из которых число ресурсов постоянно, рассматривают как самостоятельные работы [1].

Заключение

Таким образом, представленные в работе подходы позволяют получить решение задачи оперативного управления распределением ресурсов на сетях и найдут применение при планировании, составлении расписаний, организации ремонта, сервисного обслуживания и в других распределительных задачах.

Список литературы

1. Коновалов, О. А. Методы и модели оперативного управления распределением ресурсов : монография / О.А. Коновалов, Е.В. Коновальчук. – Германия: Palmirium Academic Publishing, 2019, 177 с.

2. Прилуцкий, М. Х. Многоиндексные задачи распределения ресурсов в иерархических системах / М. Х. Прилуцкий, Л. Г. Афраймович // Автоматоматика и телемеханика. – 2006. –№6. – С. 194-205.

3. Заболотский, В. П. Математические модели в управлении: учеб. пособие / В. П. Заболотский. – СПб. : СПбГАУП., 2001. – 196 с.

4. Карманов, В. Г. Математическое программирование: учеб. пособие / В. Г. Карманов. – 5-е изд. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 264 с.

Моделирование и реализация системы расчета заказов торговой сети

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru
А. В. Копытин, email: kopytin@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье рассматривается математическая модель и реализация системы для расчета заказов торговой сети.*

Ключевые слова: *организация, прогнозирование, заказ, товар, статистика, скорость продаж, мгновенная скорость продаж, автоматизация.*

Введение

Каждая организация хочет закупать и продавать именно тот товар, который имеет большой спрос и минимизировать закупку других видов товаров. Данная задача несложна для одного небольшого магазина, но усложняется с увеличением их числа, ведь каждый магазины торговой сети порой расположены в различных городах, где значительно различается доход населения и, естественно, вкусовые предпочтения.

Индикатором предпочтений населения выступает заказ магазина, именно по нему можно определить, какие позиции товаров являются самыми необходимыми, какие покупаются меньше, какие можно заменить на аналогичные, а какие постоянно списываются и приносят лишь убыток, но эмпирическими методами определить это достаточно сложно, поэтому возникает необходимость иметь программный инструмент и для формирования самих заказов, чтобы исключить возникновение ошибок и увеличить скорость поставки требуемых товаров, и для получении статистических данных о товарах заказа, и для дальнейшего формирования отчетности для принятия правильных взвешенных управленческих решений, которые будут способствовать получению прибыли организации.

1. Ключевые метрики статистики продаж товаров

Для реализации статистической части системы, которая будет учувствовать в анализе продаж товаров и принятии управленческих решений, понадобились знания о следующих ключевых метриках:

© Копытина Е. А., Копытин А. В., 2021

– Статистика средней скорости продаж по периодам кратным неделям.

При расчете данного показателя можно столкнуться с ситуацией, когда товар не всегда был на складе. Если не учитывать при расчете средней скорости продажи дни, когда товара не было на складе, а затем исходя из этого рассчитывать пополнение запаса, то товара в таком случае будет не хватать. Очевидно, требуется понимать какие бы были продажи, если бы не было дефицита. Здесь потребуется предварительно рассчитать среднюю реализацию за период. В расчете средней реализации используются все дни периода:

$$R = \frac{r_1 + r_2 + \ldots + r_n}{n}$$

где R – средняя реализация за период, r_n – количество товара, n – количество дней в рассматриваемом периоде.

В расчете средней скорости продаж используются только те дни, в которые в рассматриваемом подразделении был остаток рассматриваемого товара.

Средняя скорость продаж считается по следующей формуле:

$$\nu = \frac{\frac{r_1}{2} + r_2 + \ldots + r_{n-1} + \frac{r_n}{2}}{n-1}$$

где ν – средняя скорость продаж за период, r_1 – наименьшее количество проданного товара, r_n – наибольшее количество проданного товара, n – количество дней в рассматриваемом периоде. Если $n = 1$, то считается что $\nu = r$. Средняя скорость продаж необходима для понижения пиковых скачков. Таким образом, статистка окажется более выровненной.

– Неакционная скорость– скорость, рассчитанная только в дни без признака акции. Рассчитывается для следующих периодов не более: 7 дней, 14 дней, 28 дней, 84 дня.

– Акционная скорость – скорость, рассчитанная только в дни текущей акции. Рассчитывается для периода не более 7 дней.

– Стандартная скорость – скорость, не учитывающая признаки акции. Рассчитывается для периода не более 7 дней.

При этом акционным периодом считается период, в который была акция с признаком «изменения спроса», т.е. акции с уменьшением цены на товар, либо планируемым увеличением спроса на товар.

Для периодов, сразу после окончания акции должна использоваться наименьшая из неакционной и стандартной скоростей для учета влияния "неудачной акции".

Если после окончания акции оказывается, что нет неакционной скорости, то она считается равной 0.

Для дальнейших расчетов выбирается та средняя неакционная скорость, для периодов в 7, 14, 28 и 84 дня, у которой: период расчета не превышает максимально допустимый период расчета по группам товаров (сделано для учета продаж сезонного товара) и отношение к средней реализации за соответствующий период максимально близко к 1, как показано в [1].

– Средняя скорость продаж по дням недели

Рассчитывает средние продажи для каждого дня недели отдельно за период равный 28 дней. Данная статистика делится на: неакционную и акционную. Формула расчета одинакова:

$$\nu_{dw} = \frac{\frac{(\nu_1 + ... + \nu_n)}{n} + s_7}{2},$$

где ν_{dw} – средняя скорость продажи товара в день недели, $\nu_1 + ... + \nu_n$ – сумма продаж в этот день недели за последние 28 дней, n – количество дней, s_7 – неакционная или акционная скорость продажи товара за последнюю неделю, как показано в [2].

Если на день недели не удалось рассчитать скорость, из-за отсутствия остатков в этот день, то средняя скорость заменяется усредненным значением скорости за рассчитанные дни.

Выбор типа статистики скорости продаж работает от остаточного срока годности. Позиции со сроком годности больше 14 считаются по периодам кратным неделям, остальные считаются по статистике по дням недели.

– Мгновенная скорость продаж за день

Под мгновенной скоростью продаж V_n подразумевается планируемый объем продаж на дату. Данный параметр зависит от следующих величин:

– k_a – акционный коэффициент.

Множитель, характеризирующий увеличение средней скорости продаж на периоде, вследствие различных факторов, влияющих на спрос. Параметр, поступающий из внешней информационной системы

– s_p – планируемая средняя скорость продажи товара – параметр, поступающий из внешней информационной системы.

– s_a – акционная скорость продаж.
– s_{woa} – безакционная скорость продаж.
– s_7 – стандартная скорость продаж.
– k_6 – коэффициент увеличения спроса – параметр, поступающий из документов расширения системы
– S_f – средняя безакционная скорость по магазинам формата равным формату целевого подразделения, либо средняя безакционная скорость по сети.

Для каждого дня в рассчитываемом периоде выставляется признак используемого расчета в этот день, в зависимости от наличия акции в этот день.

Существуют:

– Безакционный, рассчитываемый по формуле:

$$\nu_n = s_{woa} k_6$$

– Акционный планируемый, рассчитываемый по следующей формуле:

$$\nu_n = \begin{cases} s_{woa} \max(k_a, k_6), \text{ если } s_{woa} > 0.2 \\ S_p, \text{если } S_p > 0 \text{ и } S_p > s_{woa} \max(k_a, k_6) \\ S_f \max(k_a, k_6), \text{если } s_{woa} \le 0.2 \end{cases}$$

– Акционный текущий, формула которого представлена ниже:

$$\nu_n = \begin{cases} S_a k_6, \text{если } S_a \ge 0 \\ \max \begin{cases} S_p \\ S_{woa} \max(k_a, k_6) \end{cases}, \text{если } S_a - \textit{отсутствует} \end{cases}$$

– Постакционный:

$$\nu_n = \begin{cases} s_{woa} k_6, \text{если } s_{woa} \le S_{s7} \\ S_{s7} k_6, \text{если } s_{woa} > S_{s7} \end{cases}$$

– МПО

В настоящее время размер МПО зависит от 6 параметров, таких как:

– коэффициент домашней полки в днях продаж K_1,
– коэффициент домашней полки в натуральных единицах K_2,
– коэффициент страхового запаса в днях продаж K_3,
– коэффициент неснижаемого запаса K_4,
– размер дополнительной выкладки (дополнительные стойки и холодильники) ДВ,

– безакционной скорости продажи товара S_{woa},
– акционной скорости продажи товара S_a.

Коэффициент домашней полки в днях продаж K_1, рассчитывается по формуле:

$$МПО_{K_1} = s_{woa} K_1$$

При этом если коэффициент не задан, то по умолчанию значение равно 1. Смысл данного коэффициента состоит в том, чтобы держать необходимый запас товара в магазине во избежание опустошения полок во время безакционных продаж товаров.

Коэффициент домашней полки в натуральных единицах K_2 не зависит от скорости продаж и должен появляться одновременно с кодом товара в ассортиментной матрице. Данный коэффициент – это то минимальное количество товара на полке, которого должно хватить для того, чтобы товар стал оптимально продаваться, как показано в [3]

На данный коэффициент накладывается ограничение следующего вида:

$$МПО_{K_2} = \begin{cases} 0, \text{если } ДВ > 0 \\ 0.1, \text{при } S_{\max} = 0 \\ K_2, \text{при отсутствии данных по } S_{\max} \\ \min \begin{cases} K_2 \\ S_{\max} * 7 \\ S_{\max} * OSG \end{cases} \end{cases}$$

где S_{max} – максимальное значение средней скорости продаж за 84 дня, рассчитанная за интервал равный 7 дням, OSG – остаточный срок годности продукции.

Значение по умолчанию коэффициента равно 0,1. Т.е. для штучного товара остаток будет всё равно держаться равным 1.

При этом следует учесть, что если в программе задать значение равное коэффициента равное 0, то будут возможны ситуации что товар не будет заказываться при условии нулевой скорости продаж. Поэтому нулевые значения коэффициента должны задаваться только по отдельно служебной записке, утвержденной директором по продажам, коммерческим директором, или управляющим сетью супермаркетов.

Коэффициент страхового запаса в днях продаж K_3 – дополнительный резерв товара на точках, для запаса товара в случае проблем с поставками от поставщика или нестабильности акционного спроса товара. Страховочный минимальный запас в днях продаж вычисляется по формуле:

$$МПО_{д} = SK_3$$

где S – параметр средней скорости продаж, выбранный между S_{woa} и S_{a}: если период между [Z_1; P_2] является чисто акционным и не содержит любого другого расчета мгновенной скорости продаж, то выбирается S_{a}. В любом другом случае используется S_{woa}.

Период [Z_1; P_2], где Z_1 – дата заказа, P_1-дата поставки товара, P_2-дата поставки товара.

Если коэффициент $К_3$ не задан, то он вычисляется в зависимости от времени заказа до ближайшей поставки товара. Коэффициент неснижаемого запаса задается индивидуально для магазинов и представляет собой неснижаемый размер выкладки товара, ниже которой МПО не должно опускаться.

$$МПО_{K_4} = K_4$$

Наконец, итоговая базовая формула расчета МПО представлена ниже:

$$МПО = \max\begin{pmatrix} МПО_{д} \\ МПО_{ист} \end{pmatrix}$$

$$МПО_{ист} = \max\begin{cases} МПО_{K_1} \\ МПО_{K_2}, \text{при } МПО_{K_4} = 0 \quad + ДВ \\ МПО_{K_4} \end{cases}$$

Заказ товара будет осуществлять в соответствии с формулой, приведенной ниже, где Z_1 – дата создания заявки, P_1 – дата ближайшей поставки, P_2 – дата последующей поставки.

$$Заказ = ПП_{z_1p_1} + ПП_{p_1p_2} + МПО - О_{z_1} - СПП_{z_1p_1} + СПР_{z_1p_1},$$

где $ПП_{z_1p_1} = \min(\sum_{n=1}^{\Delta t_{z_1p_1}} V_n, О_{Z_1} + СПП_{z_1p_1})$ – предполагаемые продажи за период равный ($\Delta t_{z_1p_1}$) [Z_1; P_1], V_n – мгновенная скорость продаж за день, $О_{z_1}$ – остаток на дату Z_1, $ПП_{p_1p_2} = \sum_{n=1}^{\Delta t_{p_1p_2}} V_n$ – предполагаемые продажи за период ($\Delta t_{p_1p_2}$) (P_1; P_2], МПО – минимальный переходящий остаток, $СПП_{z_1p_2}$ – суммарный планируемый приход за период [Z_1; P_2], который складывается из:

– утвержденных заявок за рассматриваемый период,

– планируемых поставок за рассматриваемый период,
– непроведенных складских накладных с алкогольными товарами за период [Z_1-14; Z_1],
– проведенных складских накладных с алкогольными товарами за дату Z_1;

$СПР_{z_1 p_2}$ – суммарный планируемый расход за период [Z_1; P_2).

Полученное значение подлежит обязательному округлению до кванта поставки.

2. Прогнозирование продаж

Для расчета прогноза будущих продаж строится список дней на периоде от [Z_1; P_2], где Z_1 – дата создания заявки, P_2 – дата последующей поставки.

Далее на период накладываются данные из акционной системы. При этом работает правило предварительной затарки перед акцией и правило «выхода из акции».

Правило предварительной затарки: для любой будущей акции планирование начинает работать на три дня раньше начала акции.

Правило выхода из акции:

– Если количество дней в заказываемом периоде от 0 до 5, то смещение = 1 день.

– Если количество дней в заказываемом периоде от 6 до 7, то смещение = 2 дня.

– Если количество дней в заказываемом периоде больше 7, то смещение = 3 дня.

Для каждого дня в зависимости от акций проставляется тип расчета мгновенной скорости, получаются данные акционных коэффициентов и планируемой скорости. Если на 1 день оказывается одновременно несколько множителей, то выбирается наибольший. Такое же правило относится к скорости.

Аналогичным образом получаются данные по предакционным остаткам.

Далее система автоматически рассчитывает данные по мгновенным скоростям продаж на каждый день.

При условии наличия предакционных остатков система рассчитывает объем планируемых продаж как [Предакционный остаток / 7] на 7 дней от даты, на которую задан предакционный остаток.

Далее объемы планируемых продаж подсчитываются отдельно для периода:

$ПП_{z_1 p_1}$ = планируемые продажи с [Z_1; P_1] и $ПП_{p_1 P_2}$ = планируемые продажи с (P_1; P_2].

При условии наличия предакционного остатка на периоде от (P_1; P_2] система берет за планируемые продажи объем предакционного остатка, с условием того что мгновенная скорость последующие 7 дней в периоде не учитывается.

3. Реализация системы расчета заказов торговой сети

На рис. 1 зеленым цветом выделены товары, которые на данный момент участвуют в акции, красным – товары, акция на которые завершена и желтым – товары, которые только собираются принять участие в акции.

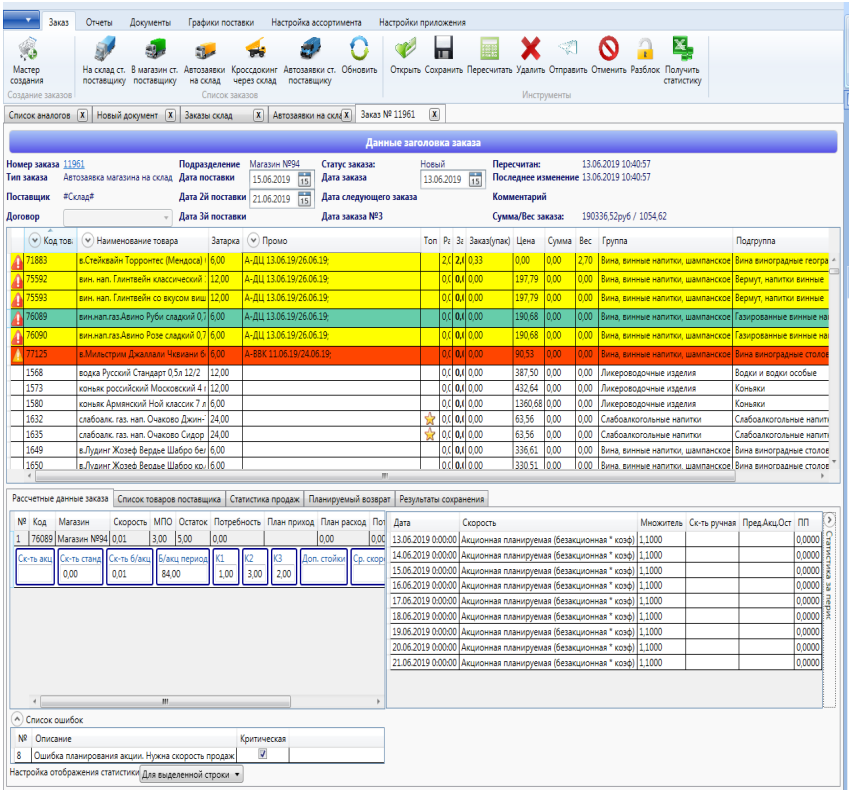


Рис. 1. Окно данных по конкретному заказу

Пользователь имеет возможность просмотреть статистику продаж в графическом виде, еде отражена реализация товара и скорость динамики

исходя из значений продаж и дат, начиная с указанного периода, перейдя на соответствующую вкладку (см. рис. 2).

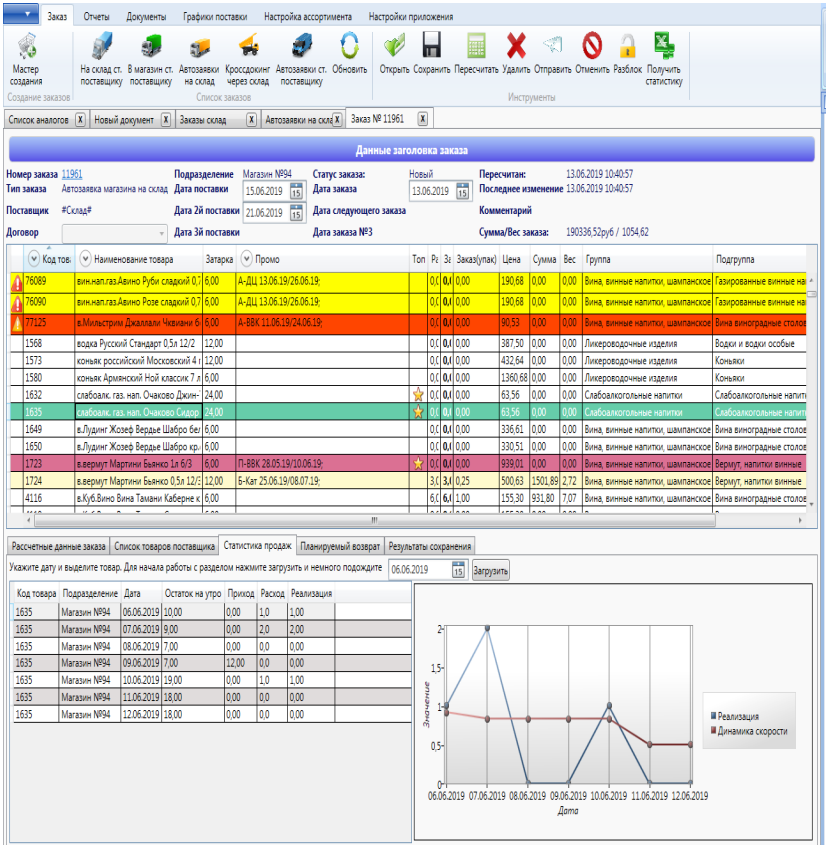


Рис. 2. Окно статистики продаж

При переходе в раздел отчеты пользователь может сформировать четыре типа отчетов: отчет за период, отчет о присутствии, изменение скорости продаж в акции, о заказах товаров, как показано на рис. 3.

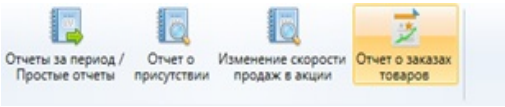


Рис. 3. Формирование отчетов

Заключение

В результате изучения аналогов систем формирования заказов, таких как: 1С: Управление торговлей, Класс 365, Manhattan DOM, были выявлены общие недостатки, которыми являются: невозможность получения расширенной статистики для определенных товаров с целью определения их рентабельности, дальнейшего продвижения путем включения в акции, а также невозможность формирования отчетности по заказам товаров.

В результате была разработана универсальная система расчета заказов торговой сети, которая позволяет: формировать заказы по автозаявкам магазина на склад; предоставлять детальную информацию по каждому товару заказа магазина; формировать кроссдоковый заказ на склад; получать статистику по каждому товару, которая включает в себя: статистику по остаткам, реализации, скорости продаж, цены реализации, приходам; графически представлять статистику продаж выбранного товара за указанный период; формировать отчеты, такие как: отчет за период, отчет о присутствии, отчет изменения скорости продаж в акции, отчет о заказах товаров.

Список литературы

1. Копытина, Е. А. Оптимизация стоимости доставки ресурсов при строительстве инженерных коммуникаций / Е. А. Копытина, Н. А. Петрикеева // В книге: BIM. Проектирование. Строительство. Эксплуатация Материалы Всероссийского форума. Под редакцией Д.К. Проскурина. – 2018. – С.51-55.

2. Петрикеева, Н. А. Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий при работе систем теплогазоснабжения и вентиляции / Н. А. Петрикеева, О. В. Тюленева, Н. Н. Кучеров // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 1 (6). – С. 9-12.

3. Петрикеева, Н. А. Оптимизация стоимостной целевой функции при определении толщины изоляции в системах теплоснабжения / Н. А. Петрикеева, А. В. Копытин, Н. О. Попов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – № 2(3). – С. 26-33.

Планирование проекта с учётом навыков сотрудников в условиях нечёткой информации

В. В. Коротков, email: chasecrunk@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается задача построения календарного плана проекта и распределения неоднородных человеческих ресурсов, обладающих различными наборами навыков. Приводится формальная модель задачи, учитывающая неопределённости в оценках продолжительностей работ и уровней владения навыками при помощи аппарата нечётких чисел. Описывается генетический алгоритм решения задачи.*

Ключевые слова: *календарное планирование, планирование проекта, комбинаторная оптимизация, нечёткие числа, генетический алгоритм.*

Введение

Методы календарно-сетевого планирования используются для построения оптимального по времени графика и оценки сроков выполнения работ проекта. Если при этом учитываются имеющиеся ресурсные ограничения, то такую задачу называют RCPSP (Resource Constrained Project Scheduling Problem).

Классическая формулировка данной задачи предполагает однородность и взаимозаменяемость ресурсов одного типа. Это не позволяет учитывать квалификацию сотрудников, а также формировать их рабочие графики. Поэтому в некоторых областях, таких как управление ИТ-проектами, получила распространение модификация, учитывающая специализации сотрудников (Multi-Skill RCPSP) [1-2]. Однако эта модифицированная модель задачи предполагает наличие нескольких дискретных уровней мастерства, обычно соответствующих некой общепринятой классификации. Например, в сфере разработки принято выделять уровни: junior, middle, senior. Такой подход является слишком грубым и не позволяет учесть индивидуальные наклонности отдельных сотрудников.

Ещё одной проблемой, возникающей в процессе управления любым проектом, является неопределённость, вызванная недостаточностью информации и влиянием множества случайных факторов. Эта проблема особенно актуальна на ранних этапах

© Коротков В. В., 2021

планирования проекта, когда при этом необходимо принимать критически важные управленческие решения. Для учёта этих неопределённостей обычно используют вероятностные или нечёткие модели [3-4].

1. Постановка задачи

Сформулируем нечёткую постановку задачи, которая бы учитывала неопределённость в оценках основных параметров и индивидуальные наклонности сотрудников. Преимущество нечёткого подхода перед вероятностным в данном случае заключается в простоте получения оценок на основе экспертного анализа, опросов или исторической информации. Это особенно актуально при попытке оценить такую неоднозначную и субъективную величину, как уровень владения навыком. Таким образом, предлагается использовать аппарат нечётких чисел для представления уровней навыков и соответствующих требований. Опишем формальную постановку подобной задачи комбинаторной оптимизации.

Пусть J – множество работ проекта, $\tilde{\tau}_j$ – нечёткая оценка продолжительности работы $j \in J$, S – множество всех возможных навыков, L – множество сотрудников. Каждый сотрудник $l \in L$ владеет навыком $s \in S$ на уровне, который определяется нечёткой оценкой $\tilde{m}_{ls}$. Для выполнения каждой работы $j \in J$ необходимо r_{js} сотрудников, владеющих навыком $s \in S$ не хуже, чем на уровне $\tilde{d}_{js}$. Обозначим P_j – множество работ, предшествующих работе $j \in J$, а T – множество всех моментов времени в рамках горизонта планирования. Предполагается, что каждый сотрудник может быть единовременно занят в выполнении только одной работы и только относительно одного из своих навыков. Прерывания работ не допускаются.

Тогда для каждой работы $j \in J$ необходимо найти такое нечёткое время начала $\tilde{x}_j$ и множества выделенных на неё сотрудников $L_{js} \subset L, s \in S$, чтобы:

$$\max_{j \in J} \left(\tilde{x}_j + \tilde{\tau}_j \right) \to \min \tag{1}$$

при условии выполнения следующих ограничений:

$$\tilde{x}_j + \tilde{\tau}_j \le \tilde{x}_{j'} \qquad \forall j' \in J, j \in P_{j'}, \tag{2}$$

$$\tilde{x}_j \ge \tilde{0} \quad \forall j \in J, \tag{3}$$

$$\tilde{m}_{lj} \geq \tilde{d}_{js} \quad \forall j \in J, s \in S, l \in L_{js}, \tag{4}$$

$$\left|L_{js}\right| = r_{js} \quad \forall j \in J, s \in S, \tag{5}$$

$$L_{js} \cap L_{js'} = \varnothing \qquad \forall j \in J; s, s' \in S, s \neq s', \tag{6}$$

$$\bigcup_{s \in S} L_{js} \cap \bigcup_{s \in S} L_{j's} = \varnothing \qquad \forall \tilde{t} \in T; j, j' \in A(\tilde{t}), j \neq j'. \tag{7}$$

Здесь $\tilde{0}$ – нечёткий нуль, $A(\tilde{t}) = \left\{ j \in J \mid \tilde{x}_j \leq \tilde{t} \leq \tilde{x}_j + \tilde{\tau}_j \right\}$ – множество работ проекта, находящихся в процессе выполнения в нечёткий момент времени $\tilde{t}$.

2. Моделирование нечётких параметров

Будем полагать, что нечёткие параметры представлены в виде нечётких треугольных чисел. Тогда для некоторого параметра $\tilde{M}$ запись $\tilde{M} = (l, m, r)$ означает, что его функция принадлежности определяется как:

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ \dfrac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m, \\ \dfrac{r-x}{r-m}, & m \leq x \leq r, \\ 0, & x > r. \end{cases} \tag{8}$$

Для двух треугольных нечётких чисел $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, r_1)$ и $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, r_2)$ в соответствие с принципом обобщения Заде возможна следующая операция сложения:

$$\tilde{M}_1 + \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, r_1 + r_2). \tag{9}$$

Для реализации алгоритма решения необходимо также задать операцию сравнения нечётких чисел. Существуют различные подходы к решению этой проблемы. Одними из наиболее распространённых являются интегральные методы, заключающиеся в сравнении нечётких чисел на основании неких средних чётких значений. Мы будем использовать метод предложенный в [3], при котором эти значения вычисляются следующим образом:

$$I_T\left(\tilde{M}, \beta\right) = \frac{\beta}{2}(l + m) + \frac{1-\beta}{2}(m + r). \tag{10}$$

Параметр β здесь позволяет регулировать оптимистичность данной операции, что даёт большую гибкость для подстройки под конкретный случай. В общем же случае можно положить $\beta = 0.5$.

3. Алгоритм решения

Доказано, что задача RCPSP даже в своей классической постановке относится к классу NP-трудных [5]. Нахождение точного решения за разумное время возможно только для довольно малых экземпляров задач. Поэтому, как правило, применяются различные эвристические подходы, позволяющие быстро найти решение, достаточно близкое к оптимальному. Далее приводится описание компонентов генетического алгоритма, который использовался для решения задачи.

Решение кодируется хромосомой, которой соответствует ровно одно возможное расписание выполнения работ и распределение человеческих ресурсов. Каждый ген хромосомы содержит идентификатор работы и множества выделенных на неё сотрудников. При этом порядок генов в хромосоме отражает приоритет соответствующих работ и не нарушает ограничения предшествования. Расписание может быть получено из данного закодированного представления при помощи процедуры, называемой последовательная схема формирования расписания (Serial Scheduling Scheme) [6]. Начав с пустого расписания, новое промежуточное получают путем размещения следующей по приоритету работы на самое раннее время так, чтобы не нарушить ограничения предшествования и ресурсные ограничения. При этом для сравнения нечётких чисел и выполнения операций над ними используются подходы, описанные в пункте 2.

В качестве *функции приспособленности* используется целевая функция (1).

Для обеспечения разнообразия особей *начальная популяция* генерируется случайным образом. Для каждой хромосомы формируется случайный порядок работ путём их последовательного рандомизированного добавления из множества тех, предшественницы которых уже содержатся в решении. Для каждой работы $j \in J$ случайным образом берутся непересекающиеся подмножества ресурсов L_{js} мощностями r_{js} из множеств сотрудников, обладающих необходимыми уровнями навыков.

В работе был использован турнирный метод *селекции* с размером подгруппы равным 3.

Оператор скрещивания делит родительские хромосомы на две части в некоторой случайной точке. Все гены из первой части первого

(второго) родителя в том же порядке перемещаются в первого (второго) наследника, а гены, соответствующие оставшимся работам, добавляются в том порядке, в каком они расположены во втором (первом) родителе.

Оператор мутации с некоторой заданной вероятностью срабатывания для каждого гена обменяет его с предыдущим местами, если это не нарушит ограничений предшествования. Аналогично с некоторой вероятностью может быть произведена замена множества выделенных на работу ресурсов на новое, полученное случайным образом с учётом ограничений.

4. Численный пример

Проиллюстрируем решение задачи на примере. В табл. 1 приведён список работ проекта с указанием необходимого числа исполнителей и пороговых значений навыков, требуемых для их выполнения. В табл. 2 – перечень сотрудников и оценок их навыков.

Таблица 1

Список работ проекта

№	Предшеств.	Продолжит.	Навыки, кол-во/требование		
			s_1	s_2	s_3
1		(12,13,14)	1 (1,2,3)	0	0
2		(15,16,17)	0	2 (2,4,5)	0
3		(18,19,25)	0	0	1 (1,1,3)
4	1,3	(1,2,5)	1 (1,2,2)	1 (1,1,2)	1 (1,2,3)
5	2	(16,17,19)	0	2 (1,2,3)	1 (2,2,3)
6	2,3	(2,3,5)	2 (1,2,4)	1 (2,2,3)	0
7	5,6	(4,6,7)	0	1 (3,4,4)	2 (1,2,3)

Таблица 2

Список сотрудников

№	Навыки		
	s_1	s_2	s_3
1	(1,2,3)	-	-
2	-	(3,5,5)	(1,2,3)
3	(1,2,4)	-	(2,3,3)
4	(2,2,3)	(4,4,5)	-
5	-	(2,2,3)	(2,2,3)

Для решения был использован описанный в пункте 3 генетический алгоритм. Были заданы следующие параметры алгоритма: размер популяции 100, число поколений 40, вероятность мутации 0.04.

Результаты решения задачи приведены в табл. 3. Полученные значения могут быть использованы для составления нечеткой диаграммы Ганта (см. рисунок), дающей наглядное представление о сетевом графике с учетом нечеткой неопределенности. Каждый четырехугольник на диаграмме определяет расположение во времени соответствующей работы одного из проектов. Треугольниками обозначены нечеткие времена начала и конца работ.

Таблица 3

Результаты решения задачи

№	Время начала	Исполнители
1	(0,0,0)	1
2	(0,0,0)	2
3	(12,13,14)	3
4	(32, 35, 44)	1,2,3
5	(15, 16, 17)	2,3
6	(30, 32, 39)	1,2
7	(33, 37, 49)	2,3

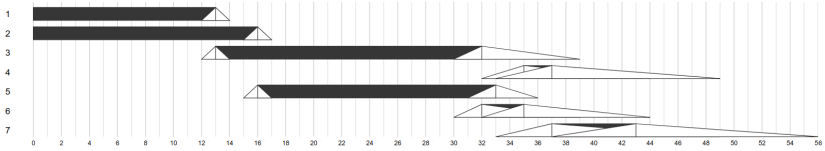


Рисунок. Нечёткая диаграмма Ганта полученного расписания

Заключение

Была рассмотрена модификация задачи RCPSP, учитывающая разнородность навыков сотрудников и нечёткость различных параметров модели. Приведён алгоритм эвристического поиска решения на базе генетического алгоритма.

Приведённый подход может использоваться на ранних этапах планирования проекта или когда существует значительная неопределённость в оценках основных параметров. Кроме того, модель позволяет определить приблизительные рабочие графики сотрудников, учитывающие их индивидуальные наклонности. Рассчитываемые сроки выполнения проекта и его работ представлены нечёткими треугольными числами, что позволяет помимо прочего количественно оценить степень неопределённости этих сроков, оценить риски и принять соответствующие управленческие решения.

Список литературы

1. Myszkowski, P. B. Co-evolutionary algorithm solving multi-skill resource-constrained project scheduling problem / P. B. Myszkowski, M. Laszczyk, D. Kalinowski // Federated Conference on Computer Science and Information Systems (Prague, 3-6 Sept. 2017). – Prague, 2017. – P. 75-82.
2. Skowronski, M. E. Tabu search approach for Multi-Skill Resource-Constrained Project Scheduling Problem / Federated Conference on Computer Science and Information Systems (Krakow, 8-11 Sept. 2013). – Krakow, 2013. – P. 153-158.
3. Hapke, M. Fuzzy priority heuristics for project scheduling / M. Hapke, R. Slowinski // Fuzzy Sets and Systems. – 1996. – Vol. 83. – Issue 3. – P. 291-299.
4. Wang, J. A fuzzy robust scheduling approach for product development projects / J. Wang // European Journal of Operational Research. – 2004. – Vol. 152. – Issue 1. – P. 180-194.
5. 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.
6. 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.

Алгоритмы ранжирования товаров для электронной торговли

М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru
В. Г. Сафонов, email: vladislavsf@sc.vsu.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Рассматривается задача ранжирования товаров обращающихся в электронной торговле. Предлагается векторное параметрическое отображение потребительского спроса с использованием модели нечеткой логики. Ранжирование осуществляется на основе оценки покомпонентных локальных соответствий свойств товара заданному спросу. Полученные соответствия агрегируются с использования оператора OWA и нечетких логических кванторов. Рассматривается численный пример ранжирования.*

Ключевые слова: *электронная торговля, нечеткие предикаты, нечеткие кванторы, операторы агрегирования.*

Введение и постановка задачи

При анализе и синтезе социально-экономических систем значительную роль играет обоснованный выбор активными элементами системы таких системных компонент и характеристик, которые формируют состояние системы, эффективное, с точки зрения активного элемента, принимающего решение [1]. В частности, в электронной коммерции (электронные торговые площадки, интернет-магазины) важную роль играют фильтры, задающие границы потребительских свойств товаров и обеспечивающие покупателю сужение полной совокупности товаров до существенно меньшей группы альтернативных товаров [2]. Фильтр представляет собой компьютерную программу, которая, обращаясь к базе данных располагаемой совокупности товаров, представленной в виде модели EAV, на основе логических операций проверяет – какие сущности удовлетворяют условиям фильтра. Модель "сущность-атрибут-значение" (EAV), это модель данных для кодирования пространственно-эффективным способом сущностей, где число атрибутов (свойств, параметров), которые могут быть использованы для их описания, потенциально велико, но число, которое

© Матвеев М. Г., Сафонов В. Г., 2021

фактически будет применяться к данной сущности, относительно небольшое.

Однако представленный классический подход к формированию фильтров уже не может в полной мере удовлетворять запросам покупателей [3], поскольку обладает рядом недостатков, из которых следует отметить следующие. Прежде всего фильтрация на основе бинарной логики не в состоянии обеспечить ранжирование множества альтернатив с противоречивыми векторными характеристиками; требуется решение нетривиальной задачи векторной оптимизации. Кроме того, используемая бинарная логика не обладает достаточной выразительностью при описании желаемых покупательских потребностей [4,5]. Подходом, устраняющим указанные недостатки, может служить применение сравнительного покомпонентного анализа соответствия (матчинга) покупательского спроса и предлагаемых товаров на основе бесконечнозначной (нечеткой) логики и использование операторов агрегирования полученного покомпонентного соответствия [6]. В этом случае бесконечнозначная логика обеспечивает требуемую выразительность покупательского спроса и гарантирует расположение представленных товаров на ранговой шкале. Статья посвящена описанию основных алгоритмов применения логики нечетких высказываний и предикатов для ранжирования типов однородного товара на рынке электронной торговли.

1. Алгоритмы оценки соответствия товаров потребительскому спросу

Разработка моделей покупательского спроса требует введения на рынке электронной коммерции единого товарного каталога. Такое требование не является уникальным. Унификация товарного каталога сегодня рассматривается как национальная задача, [7]. Мы предполагаем, что для каждого однородного товара в рамках единого каталога существует свой вид модели EAV, в векторной форме.

Пусть имеется некоторый однородный товар, представленный совокупностью своих взаимозаменяемых типов, различающихся значениями характеристических параметров (атрибутов) данного товара. Описание каждого j-го образца (типа) товара, $j = 1;2;...;J$ будем представлять значениями характеристических параметров, описывающих коммерческие, технические и другие возможные свойства товара. Эти параметры удобно представлять соответствующим вектором:

$$q_j = (q_j^1;...;q_j^n;...;q_j^N) \quad (1)$$

каждая n-я компонента которого принимает значения x либо на количественной, либо на качественной шкале.

Будем считать, что каждый k-й покупатель, $k = 1;2;...;K$ хочет приобрести однородный товар с желаемыми значениями характеристических параметров. Вполне естественно, что желания покупателя будут носить расплывчатый характер. В этом случае покупатель имеет возможность выбора, который обуславливается взаимозаменяемостью типов однородного товара. Для этого покупателю необходимо формализовать свои желания и возможности в виде вектора спроса с «обезличенными», нечеткими характеристиками однородного товара:

$$g_k = \left(g_k^1,...,g_k^n,...,g_k^N\right) \quad (2)$$

Векторные компоненты здесь – суть лингвистические переменные с именами, совпадающими с именами соответствующих характеристических параметров описания типа однородного товара. Каждая переменная имеет кусочно-линейные функции принадлежности $f_g(x)$, носители которых – $x_{\min} \le x \le x_{\max}$ отражают возможности выбора потребителя, а значения функции – уровень его предпочтения (желания). Для дискретных значений носителя функция принадлежности будет иметь табличный вид. Нечеткие характеристические параметры формируют модель индивидуального покупательского спроса.

Пусть каждый i-й продавец, $i = 1;2;...;I$, зашедший на ЭТП, формирует свои предложения по j-му типу однородного товара в виде вектора:

$$q_{ij} = (q_{ij}^1;...;q_{ij}^n;...;q_{ij}^N) \quad (3)$$

с четкими значениями характеристических параметров, структурно идентичного вектору спроса. В общем случае предложение представлено некоторой совокупностью векторов q_{ij}, $j = 1,2,...,J_i$.

Оценка локальных (покомпонентных) соответствий товаров индивидуальному покупательскому спросу выполняется подстановкой значений компонент вектора (3) в функции принадлежности компонент вектора (2). Полученное значение функции принадлежности рассматривается как локальное соответствие предложение и спроса по указанной компоненте.

Для получения обобщенного соответствия необходимо агрегировать локальные соответствия при помощи того или иного

оператора агрегирования [8]. Под агрегированием будем понимать переход от векторной оценки размерности n к скалярной величине

$$agr : \bigcup_{n=1}^{N} [0;1]^n \to [0;1] \tag{4}$$

Наиболее общий подход к агрегированию информации заключается в аксиоматическом определении оператора агрегирования. При этом можно выделить три основные стратегии [9]: конъюнктивный (обобщенная оценка не может быть лучше самой плохой из локальных оценок); дизъюнктивной (обобщенная оценка определяется лучшей из локальных оценок) и компромиссная (обобщенная оценка занимает промежуточное положение между значениями локальных оценок, участвующих в агрегировании).

Будем рассматривать класс средних, удовлетворяющих условию [10]

$$agr(x_1; x_2; ...; x_n) \in [\min(x_1; x_2; ...; x_n); \max(x_1; x_2; ...; x_n)] \tag{5}$$

Особенностью средних является наличие весов $w = (w_1; w_2; ...; w_n)$ с помощью которых учитывается «вклад» каждой частной оценки в обобщенную оценку, при этом вес отражает значимость соответствующего источника информации (критерия, показателя, атрибута). В случаях, когда первичной является важность значений частных оценок, применяются порядковые операторы взвешенного агрегирования [11] – OWA-операторы, которые агрегируют компоненты векторной оценки, упорядоченные определенным образом:

$$OWA(x_1; x_2; ...; x_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j x_{\sigma(j)}, \tag{6}$$

где σ – индекс упорядочивания по уровню элементов $x_{\sigma(1)} \le x_{\sigma(2)} \le ... \le x_{\sigma(n)}$.

Допустим, что все критерии имеют с точки зрения потребителя одинаковую важность. Тогда правило задания весов можно определить следующим выражением

$$w_j = Q\left(\frac{j}{n}\right) - Q\left(\frac{j-1}{n}\right) \tag{7}$$

где Q – заданный тип нечеткого квантификатора.

Нечеткий квантификатор представляет собой нечеткое высказывание о допустимой форме компромисса между оценками x_j, отражающее интуитивное представление лица принимающего решение (ЛПР) о предпочтительности решений [12]. Нечеткое высказывание

задается функцией принадлежности $Q(r)-Q\left(\frac{j}{n}\right)$, где r – интерпретируется как доля полученных оценок, для которых выполняется свойство, описанное функцией принадлежности квантификатора. Например, если задан квантификатор $Q=r$, который интерпретируется как «для как можно большего числа», то веса для четырех альтернатив будут заданы в соответствии с (7) следующим образом:

$w_1=0,25; w_2=0,25; w_3=0,25; w_4=0,25$.

То есть, квантификатор $Q=r$ задает частный случай оператора OWA – среднее арифметическое.

2. Численная апробация алгоритмов оценки соответствия

Пусть покупатель хочет проранжировать два типа однородного товара, характеризующиеся следующими четкими значениями параметров, заданных векторами: ($q_1^1=2; q_2^1=25; q_3^1=0,8$) и ($q_1^2=3; q_2^2=20; q_3^2=0,7$). Соответствующие потребности покупателя отображаются нечеткими значениями с функциями принадлежности: $f_1(q)=1,5-0,25q; f_2(q)=3-0,1q; f_3(q)=q$.

Соответствие характеристических параметров типов товара потребностям покупателя вычисляется путем подстановки значений компонент векторов в соответствующие функции принадлежности. В результате векторное соответствие, *S* каждого типа товара потребностям можно представить двумя векторами: $S_1=(1;0,5;0,8)$ и $S_2=(0,75;1;0,7)$.

Для ранжирования товаров, то есть для выяснения, который из них лучше соответствует потребности покупателя, воспользуемся оператором агрегирования OWA с вычислением весов с помощью квантификатора «для большинства», задаваемого следующей функцией принадлежности

$$Q(r)=\begin{cases}0, \text{при } r\le 0,4;\\ 2,5r-1, \text{при } 0,4<r<0,8;\\ 1, \text{при } r\in[0,8;1].\end{cases}$$

Упорядоченные вектора соответствий примут вид:

$S_1=(0,5;0,8;1)$ и $S_2=(0,7;0,75;1)$.

Заметим, что вес w_j связан не с конкретным элементом вектора соответствия, а с его порядком в упорядоченном векторе.

При заданном квантификаторе $Q(r)$ и в соответствие с (7) веса принимают значения:

$w_1 = 0; w_2 = 0,65; w_3 = 0,33$.

Тогда агрегированное соответствие типов товаров вычисляется следующим образом:

$S_1 = QWA(x) = 0 \cdot 0,5 + 0,65 \cdot 0,8 + 0,33 \cdot 1 = 0,85$;

$S_2 = QWA(x) = 0 \cdot 0,7 + 0,65 \cdot 0,75 + 0,33 \cdot 1 = 0,82$.

Полученный результат говорит о том, что первый тип товара немного предпочтительней второго.

Заключение

Применяемые в настоящее время различные способы фильтрации при организации поиска товаров, удовлетворяющих потребностям покупателей, позволяют выделять из всей совокупности товаров, подмножество товаров с векторными характеристиками, удовлетворяющими условиям фильтрации. Полученное подмножество содержит товары с допустимыми характеристиками, но отсутствует возможность их сравнения. Предложенный подход существенно расширяет возможности поиска. Он позволяет уточнять предпочтения покупателя, формализуя их в виде лингвистических переменных, что обеспечивает числовое представление соответствий по отдельным характеристическим параметрам товаров. Дальнейшее агрегирование локальных соответствий в глобальные, позволяет ранжировать допустимое подмножество товаров, полученное в результате фильтрации, обеспечивая покупателю поддержку принятия решений при выборе товара.

Список литературы

1. Айзерман, М. А. Выбор вариантов: основы теории. / М. А. Айзерман, Ф. Т. Алескеров – М. : Наука, 1990. – 240 с.

2. E-Katalog – каталог товаров, сравнение цен в интернет-магазинах России [Электронный ресурс]: каталог товаров. – Режим доступа : https://www.e-katalog.ru/

3. Поиск по каталогу: какими должны быть фильтры и сортировка каталога товаров [Электронный ресурс]: информационная стаья. – Режим доступа : https://1ps.ru/blog/dirs/2018/kakimi-dolzhnyi-byit-filtryi-i-sortirovka-kataloga-tovarov/

4. 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 Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – №. 2. – С. 66-71.

5. Matveev, M. Models of Centralized Equipment Procurement Based on Supplier-Consumer Matching / M. Matveev, S. Podvalny. // 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – IEEE. – 2019. – P. 151-154.

6. Matveev, M. Automated Service for Product Offer Creation on the E-Trading Platform with Marketplace Technology / M. Matveev, S. Podvalny, Y. Yadgarova // 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – IEEE. – 2020. – P. 672-676.

7. Национальный Каталог | национальный-каталог.рф [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа :национальный-каталог.рф

8. Detyniecki, M. Mathematical aggregation operators and their application to video querying. / M. Detyniecki PhD dissertation. Docteur de l'Universite. // – Paris, – 2000. – 185 p

9. Леденева, Т. М. Агрегирование информации в оценочных системах. / Т. М. Леденева, С. Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – №. 4. – С. 155-164.

10. Джини, К. Средние величины / К. Джини. – М.: Статистика, 1970. – 448 с.

11. Yager, R. R. Quantifier guided aggregation using OWA operators / R. R. Yager // International Journal of Intelligent Systems, 11 (1996), – pp. 49–73.

12. Аверченков, В. И. Представление и обработка нечеткой информации в многокритериальных моделях принятия решений. / В. И. Аверченков, А. В. Лагерев, А. Г. Подвесовский // Вестник Брянского технического университета, 2012. – № 2 (34). – С. 97-104.

Экспериментальный характер цифровой трансформации АПК

В. И. Меденников, email: dommed@mail.ru [1]
А. Н. Райков, email: anraikov@mail.ru [2]

[1] ВЦ им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН,
[2] ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН

Аннотация. *Целью статьи является определение и формулирование необходимых условий для обеспечения успешности процесса цифровизации сельского хозяйства в России. Для этого рассмотрены существующие тенденции в этом процессе в экономически передовых странах. Дан анализ развития цифровой трансформации АПК в России с акцентом на выделении процессов, носящих экспериментальный характер. Предложены научно-обоснованные эффективные механизмы и пути цифровой трансформации АПК.*

Ключевые слова: *цифровая трансформация, сельское хозяйство, комплементарные активы, эффективность, производственная функция.*

Введение

С момента принятия Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» с ее последующим обновлением прошло достаточно много времени, чтобы появилась возможность проанализировать успехи и проблемы ее реализации. На фоне планируемых успехов цифровой трансформации экономической и общественной жизни страны, отраженной в многократно увеличившемся количестве публикаций и конференций, цифровизации начали приписывать роль некоторой «серебряной пули», способной решить все проблемы человечества. Ряд публикаций в мировой прессе, в том числе философского и исторического характера, благодаря внедрению цифровых технологий и искусственного интеллекта, прогнозируют буквально смену парадигмы человеческого развития, потерю индивидуальности человека, реализацию тотального контроля см., например, [1].

Есть заявления о том, что внедрение во все сферы жизни и в производство цифровых технологий – это главный приоритет и панацея от большинства проблем российской экономики. Так, 28.11.2018г. на XI

© Меденников В. И., Райков А. Н., 2021

Петербургском Международном Инновационном Форуме об этом заявили: вице-губернатор Санкт-Петербурга Мовчан С.Н., председатель (тогда) правления ООО «УК «РОСНАНО» Чубайс А.Б., ректор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого Рудской А. И. При этом у многих людей, особенно не искушенных в области информационных технологий, создалось ощущение, что данные технологии появились неожиданно в результате некоторого революционного открытия.

Например, в [2] утверждается, что особые свойства цифровой информации обусловили появление нового научного направления, включающего методы и модели, основанные на цифровом формате. И что целью цифровой экономики (ЦЭ) помимо решения задач автоматизации является повышение эффективности всех процессов, включая новые методы принятия решений.

В [3] также делается попытка противопоставить информатизацию цифровизации. Утверждается, что автоматизация (информатизация, прим. авторов) – внедрение IT-решений, повторяющих имеющиеся процессы, а цифровизация – улучшение существующих процессов, реинжиниринг их, анализ данных при принятии решений. Данное утверждение не соответствует истории информатизации общественного развития и менеджмента. Например, методы реинжиниринга производства за счет ИТ начали внедряться активно в 1980-е годы и пришли в Россию вместе с рынком 1990-х.

Из внимания большинства авторов ускользает тот факт, что в программных документах теме цифровизации именно производства почти не отведено должного места. Этот вопрос практически не нашел места в нормативных правовых документах, посвященных цифровизации страны, как на федеральном уровне, так и на отраслевом. Примером такого невнимания является концепция цифровизации сельского хозяйства, разработанная в декабре 2019 г. Минсельхозом России. В ней нет положений о трансформации технологий процессов управления экономикой.

Директор Института экономики РАН Е.Б.Ленчук пишет о том, что надо акцентировать внимание на цифровизации реального сектора экономики, где она дает особый экономический эффект [4]. В работе [5] утверждается, что уровень цифровизации банковской деятельности, связи, СМИ будет выше, но все-таки именно состояние промышленности является индикатором цифровой зрелости всей экономики. Внедрение новых производственных технологий потребует глубоких изменений системы управления на всех уровнях. Необходима синхронность процессов цифровизации, а лучше — с опережающим

принятием управленческих решений, создающих цифровые экосистемы. Требуется единое понятийное поле, единое семантическое пространство за сет создания стандартов и соответствующих систем управления.

Разработчики упомянутой Национальной программы, скорее всего, понимали, какие громадные изменения нужно сделать в стране, чтобы осуществить цифровую трансформацию реальной экономики, и поэтому не акцентировали на данной проблеме внимание, а ограничились только аспектом сугубо цифровизации.

Исходя из этого, проанализируем процесс цифровизации экономики страны на примере сельского хозяйства с системных позиций. Отметим, что в недавно принятой программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации [6] в части сельского хозяйства основной научной задачей определена оптимизация сельскохозяйственного природопользования, агроэкологическая оценка земель, создание адаптивных к изменяющимся условиям климата систем земледелия именно на основе цифровых систем.

1. Анализ состояния и тенденций развития цифровой трансформации сельского хозяйства в мире

В настоящее время затраты на ИКТ во всем мире становятся одними из основных ресурсных затрат с прогнозом достичь в 2021 году величины порядка $4 трлн. [7]. При этом цифровая трансформация экономики требует замены производственного оборудования на цифровое. В сельском хозяйстве, например, опыт переделки имеющейся техники под нужды цифровой экономики показал, что этот процесс довольно сложен и дорог. Приобретение же дорогостоящей, наукоемкой, цифровизированной техники и оборудования, для обслуживания которого нужны другие профессиональные кадры, могут позволить себе только крупные хозяйства. Например, в Европе по этой причине лишь 2% предприятий в полной мере использует максимально возможный потенциал цифровой трансформации [8].

В силу этих требований остро встает проблема нахождения условий комплексного сочетания цифровых технологий с материальными, финансовыми, человеческими ресурсами, способных обеспечить более высокую эффективность аграрного производства в условиях динамично меняющихся аппаратных, программных, информационных средств, технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и технологий точного земледелия (ТЧЗ).

Ответом явились исследования Милгрома и Робертса [9], в которых показано, что экономическая эффективность ИКТ в фирме обусловлена не только и не столько самими инвестициями в ИКТ, сколько так

называемыми комплементарными изменениями, обусловленными сквозными цифровыми технологиями. Комплементарными активами они называют те из них, которые необходимо развивать вместе. Только скоординированные изменения во всех производственных факторах позволят предприятию достичь максимума прибыли. Эту гипотезу впоследствии подтвердили в своих исследованиях другие авторы [10]. Из этой работы следует, что необходимым условием цифровой трансформации предприятия является переход на усовершенствованное управление, на укрепление качественных характеристик кадрового состава (рис. 1).

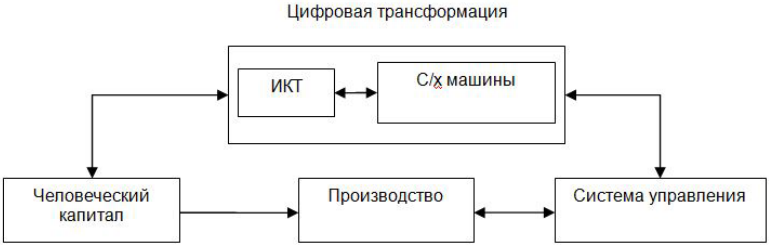


Рис. 1. Комплементарные связи в цифровой трансформации сельскохозяйственных предприятий

Кроме того, для успешной реализации цифровой трансформации, как показано в [11], необходимо выполнить еще три условия: должен сформироваться социальный заказ, должен быть обеспечен необходимый технический уровень для эффективной трансформации, и должен быть обеспечен социально-образовательный уровень будущих исполнителей и потребителей — для адекватного восприятия и внедрения такого инновационного проекта.

О сформированном социальном заказе в развитых странах свидетельствует тот факт, что именно в цифровизации сельского хозяйства сейчас видится основной путь повышения эффективности и качества продукции отрасли на фоне исчерпания других факторов, к которым можно отнести: создание оптимальной агротехнологической системы, выведение более продуктивных сортов растений, изобретение более энергоэффективной техники, появление эффективных средств защиты и кормления растений.

Особое значение занимает первый фактор. Он обеспечивается на основе повсеместно организуемых курсов переподготовки, а вот с остальными наблюдается отложенный эффект.

В зависимости от ресурсной базы, состояния сельскохозяйственной техники и образованности персонала, каждая страна выбирает свой подход к цифровизации отрасли, выбирая отдельные цифровые технологии. Так, в США уже 40-50% хозяйств пользуются технологиями ТЧЗ, что составляет около 40% рынка в мире. Мониторинг фермерских хозяйств США показал, что наибольшей популярностью пользуются следующие услуги ТЧЗ: экспресс-анализ почв (90% хозяйств); мониторинг и картирование урожайности, космическая навигация техники (80%); дозированное внесение удобрений на основе оперативных технологических карт (60%); снимки с космических аппаратов, вегетативные индексы культур (30%). В ЕС почти все страны начинают использовать некоторые технологии ТЧЗ, лидером же по внедрению ТЧЗ является Германия.

Как видно отсюда, даже в США, лидере инноваций в отрасли, используются не все известные технологии ДЗЗ. Хотя, в идеале, на основе современных данных ДЗЗ можно решить множество различных задач по выращиванию растений, но их применение требует привлечения значительного объема дополнительной информации, как накопленной в течение длительного времени, так и оперативной с соответствующей интеграцией ее с датчиками, оборудованием и исполнительными механизмами, устанавливаемыми на сельскохозяйственную технику.

Можно отметить, что в экономически развитых странах цифровая трансформация, во многом, носит экспериментальный характер с постепенным превращением ее в индустриальный тип. Для ускорения данного процесса применяют следующие подходы.

Например, в Великобритании создана с большим объемом финансирования госпрограмма «Трансформация производства продовольствия: от сельскохозяйственной фермы до тарелки», одним из механизмов которой для ускорения трансфера научных разработок в производство является создание центров инновационных разработок. Считается, что это новая модель взаимодействия правительства, сельскохозяйственной науки и бизнеса. При этом в 2018 г. проведен эксперимент, в котором на площади размером в один га впервые в мире выращена озимая пшеница без непосредственного участия людей на поле, причем со значительной урожайностью — в 70 ц/га. Все технологические операции от обработки почвы до обмолота зерна были совершены роботизированными сельскохозяйственными машинами и агрегатами с использованием технологий ДЗЗ и ТЧЗ [12].

В Германии для поиска и отработки наиболее пригодных технологий точного земледелия (ТЧЗ) на базе ДЗЗ сформирован

междисциплинарный проект «Preagro», финансируемый Министерством образования и науки Германии, в соответствии с согласованной концепцией ТЧЗ. Исходя из комплексного подхода, для выполнения проекта было обеспечено соответствующее техническое и программное оснащение. Проект задуман с целью разработки прецизионных технологий в растениеводстве с учетом микроусловий участков полей размером 20х20 метров с использованием данных ДЗЗ. К проекту с целью повышения экономической эффективности новых агротехнологий привлечено несколько промышленных, научных и финансовых предприятий для обеспечения его необходимыми средствами и ресурсами.

В результате таких экспериментов начали формироваться интеграционные межотраслевые цифровые подплатформы на базе облачных технологий: подплатформы-агрегаторы первичной учетной информации и прикладные подплатформы [13]. При этом считается, что только при таком подходе будет достигнута наибольшая эффективность цифровизации производства. Интеграция должна происходить именно на основе облачных технологий, поскольку в этом случае информация становится доступна для предприятий разных размеров, а не только для отдельных наиболее крупных из них. Индустриальное внедрение такого подхода в мире только начинается. Даже в США старт облачным интеграционным технологиям был дан лишь 2-3 года назад.

Использование экспериментального подхода сказывается на взаимоотношениях между производителями и участниками сбытовой цепочки (оптовые компании, логистика, розничные сети) за счет перехода на модель прямых продаж облачных технологий, при которой производитель «видит» конечного потребителя, его объем и структуру спроса, и за счет использования моделей предиктивной аналитики производит ровно то, что и когда нужно потребителю, а управление поставками продукции осуществляется на принципах автоматического обмена информацией между участниками цепочки поставок и минимальным использованием складской и логистической инфраструктуры посредников оптового звена.

2. Экпериментальный характер цифровой трансформации сельского хозяйства в России

В нашей стране в ряде предприятий начали внедрять отдельные новые цифровые технологии, например, ДЗЗ и ТЧЗ. Однако, во многом бессистемный характер внедрения этих технологий на фоне традиционного консерватизма сельского хозяйства, зачастую, не приводит к ожидаемым экономическим выгодам. Дадим анализ такого положения.

Во-первых, в России в АПК ни одно из перечисленных выше необходимых условий и факторов успешности внедрения любой инновационной идеи в части цифровой трансформации не выполняется в должной мере. Социальный заказ отсутствует в силу того, что еще далеко не исчерпаны традиционные факторы повышения эффективности производства и качества продукции в отрасли. При этом АПК включается в процесс цифровизации в условиях всеобщего технологического отставания и технологической зависимости от развитых стран Запада. Так, существующий парк сельхозтехники в России является устаревшим: по расчетам исследователей до 70% техники изношено физически, а доля морально устаревшей техники превышает 90% [14]. По данным Минпромторга в стране насчитывается 85% тракторов, 58% зерноуборочных комбайнов и 41% кормоуборочных комбайнов старше 10 лет, ежегодные потери от которых достигают 15 млн. т зерна, мяса — свыше 1 млн. т, молока — около 7 млн. т. и т.д. Потери столь существенны, что у большинства хозяйств выбор будет однозначным между новым белорусским трактором стоимостью от 800000 до 1200000 рублей, пусть и непригодным к цифровизации, и, например, датчиком N-сенсор компании Yara, предназначенным для прецизионного управления азотным питанием растений. Этот датчик в Германии стоит 25000 евро, а в России доходит до 60000 евро, что сравнимо со стоимостью мощного трактора «Кировец». Аналогично обстоят дела и с профессиональной подготовкой/переподготовкой необходимых кадров. Почти ни в одном аграрном ВУЗе не ввели новые специальности за последние годы. Да и как вводить их, если Минсельхоз не определился с потребностью и специализацией необходимых кадров.

Во-вторых, исходя из тенденций формирования интеграционных межотраслевых цифровых подплатформ на базе облачных технологий в мире, в стране должен был бы произойти некоторый скачкообразный переход от позадачного проектирования информационных систем к комплексному системному на основе интеграции информационных ресурсов и приложений с разработкой цифровых стандартов. Однако, в соответствии с Национальной программой ЦЭ России ставка в этой сфере была сделана на ряд госкорпораций, а в АПК отдана на откуп крупных агрохолдингов, что порождает своеобразный цифровой феодализм. Такой подход вызывает сомнения, что формирование технологических платформ ЦЭ госкорпорациями и агрохолдингами без единой концепции, архитектуры, стандартов, генерального конструктора со своей научной и опытно-производственной базой не обеспечит должной интеграции имеющихся систем.

Вообще говоря, начинать цифровизацию сельского хозяйства необходимо с создания соответствующей архитектуры цифровой экосистемы, платформы [15]. Требуется построение его производственной функции, которая в формализованном виде описывают влияние различных факторов производства на конечный результат. Построенная производственная функция позволяет рационально использовать инвестиции в наиболее важные факторы повышения эффективности и качества продукции сельского хозяйства, в том числе, цифровые.

Производственная функция для конкретного региона и основных культур могла бы быть определена в виде функции Кобба-Дугласа. Тогда, инвестиции в сортовой состав растений, в сельскохозяйственную технику, в оптимальные агротехнологиии, в человеческий капитал, затраты на средства защиты и кормления растений, на цифровые технологии будут включены как отдельные факторы.

$$Y_{ij} = Y_{ij}^0 R_{ij}^{\alpha 1} K_{ij}^{\alpha 2} A_{ij}^{\alpha 3} L_{ij}^{\alpha 4} X_{ij}^{\alpha 5} C_{ij}^{\alpha 6}, \quad (1)$$

где Y_{ij} — валовый сбор j-й культуры в i-m регионе, R_{ij} — инвестиции в сельскохозяйственную технику для производства j-й культуры в i-m регионе, A_{ij} — инвестиции в оптимальные агротехнологиии производства j-й культуры в i-m регионе, L_{ij} — человеческий капитал, занятый в производстве j-й культуры в i-m регионе, X_{ij} — инвестиции в новые средства защиты и кормления для производства j-й культуры в i-m регионе, C_{ij} – инвестиции в цифровые технологии при производстве j-й культуры в i-m регионе, Y_{ij}^0 и α^i — параметры модели, $i = (1, \ldots, 6)$.

В эпоху ЦЭ, когда ИКТ превращаются в один из ведущих активов, пропорции между активами начали записывать в виде соотношений из теории комплементарности [9]. Подобные исследования были проведены компанией Economist Intelligence Unit на заре появления ИКТ для оценки нового актива и проверки утверждения лауреата Нобелевской премии Роберта Солоу еще 1970-х об отсутствии экономического эффекта при внедрении компьютеров. Производственная функция выглядит следующим образом:

$$Y = Y^0 C^{\alpha 1} K^{\alpha 2} S^{\alpha 3} L^{\alpha 4}, \quad (2)$$

в которой Y – выпуск продукции, C – компьютерный капитал, K – остальной капитал, S – трудовой капитал в ИКТ, L – остальной трудовой капитал, Y^0 и α^i - параметры модели, $i = (1,, 4)$ [10].

Заключение

Совершенствование цифровых технологий происходит в мире во многом методом проб и ошибок столь стремительно, что экономика не успевает отработать наиболее эффективные, устоявшиеся производственные технологии, понятные и приемлемые товаропризводителем. Последний на практике должен оценить эффективность их применения на некотором отрезке времени в понятном ему диапазоне различных условий производства продукции.

Для того, чтобы получить достоверные как количественные, так и качественные показатели эффективности цифровых технологий Минсельхозу России необходимо направить усилия на комплексную отработку самых совершенных цифровых технологий на нескольких эталонных объектах — песочницах на разных территориальных уровнях с оснащением их современными ИКТ, датчиками, приборами, технологическим оборудованием и машинно-тракторным парком, совместимыми как друг с другом, так и приспособленными к различным цифровым технологиям, охватывающим всевозможные направления их развития в мире, с последующим массовым внедрением наиболее эффективных из них по всей стране.

Если же результаты расчетов по модели производственной функции АПК покажут недостаточный уровень развития других комплементарных активов для массового внедрения совершенных цифровых технологий, то на эталонных объектах должны проводиться исследования по опережающей разработке в этой области, чтобы быть на уровне ведущих стран мира с выдачей необходимых рекомендаций и нормативно-правовых ограничений для тех предприятий, которые имеют возможности для внедрения комплексных цифровых технологий.

Список литературы

1. Harari, Y. N. Homo Deus. A Brief History of Tomorrow / Y.N. Harari ; Vintage. – London : 2015. – 496 p.

2. Халин, В. Г. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски / В. Г. Халин, Г. В. Чернова // Управленческое консультирование. – 2018. – № 10. – С. 46-63.

3. Государство как платформа: Люди и технологии/ под ред. Шклярук М.С. – Москва : РАНХиГС, 2019. – 111с.

4. Ленчук, Е. Цифровая экономика в России? Секундочку... [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/cifrovaia-ekonomika-v-rossii-sekundochku-5ccc6762a8ac8300b3495949

5. Агеев, А. И. Насколько Россия подготовлена к вызовам XXI века. НГ-ЭНЕРГИЯ от 16.01.2019.

6. Распоряжение от 31 декабря 2020 г. № 3684-р о «Программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021 – 2030 годы)».

7. Gartner: глобальные ИТ-расходы на ПО и услуги, включая облако, растут [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=142511

8. Как начать внедрять точное земледелие на предприятии [Электронный ресурс] : – Режим доступа : https://smartfarming.ua/ru-blog/kak-nachat-vnedryat-tochnoe-zemledelie-na-predpriyatii

9. Milgrom, P. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization / P. Milgrom, J. Roberts, // American Economic Review. – 1990, vol. 80. – № 3. – pp. 511–528.

10. Brynjolfsson, E. Intangible Assets: Computers and Organizational Capital / E. Brynjolfsson, L. Hitt, S. Yang // Brookings Papers on Economic Activity. – 2002, vol.2, – No.1.

11. Теоретические основы и методология оценки эффективности использования информационного ресурса в аграрной экономике / Меденников В. И. [и др.] – Москва : Аналитик, 2015. – 165 с.

12. Новицкий, И. Точное земледелие: принцип работы и перспективы [электронный ресурс]. – URL: https://xn-80ajgpcpbhkds4a4g.xn--p1ai/articles/tochnoe-zemledelie/

13. Меденников, В. И. Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России / В. И. Меденников, А. Н. Райков // Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Тенденции развития Интернет и цифровой экономики» (Симферополь-Алушта, 4-6 июня 2020 г.). – ИП Зуева Т. В., 2020. – С. 57-62.

14. Состояние МТП [Электронный ресурс] : – Режим доступа : URL:http://www.agroyug.ru/news/id-28566

15. Raikov, A. N. Creating the requirements to the national platform "Digital Agriculture" / Raikov A. N., Medennikov V. I. // CPT2020, The 8th International Scientific Conference on Computing in Physics and Technology Proceedings (November 09-13), Bryansk State Technical University, 2020. – P. 13-18.

Использование качественных параметров в уравнениях регрессии

В. В. Меньших, email: menshikh@list.ru
В. О. Морозова, email: leryxa.28@mail.ru

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *В данной работе был предложен метод, позволяющий использовать описания лингвистически заданных значений показателей в моделях множественной регрессии. В статье были рассмотрены методы, позволяющие заменять лингвистические оценки экзогенных и эндогенных показателей специальным образом построенными нечёткими множествами, использовать их при регрессионном моделировании и осуществлять обратный переход к лингвистическим оценкам.*

Ключевые слова: *статистические данные, уравнения регрессии, экзогенные показатели, эндогенные показатели, нечеткие множества, количественные и качественные показатели.*

Введение

Одним из самых эффективных инструментов прогнозирования и исследования объектов, сложных систем и явлений на основе использования статистических данных являются модели множественной регрессии:

$$Y = f(X_1, X_2, ..., X_m) + \varepsilon, \quad (1)$$

позволяющие по значениям нескольких известных (экзогенных) показателей $X_1, X_2, ..., X_m$ определять значение неизвестного (эндогенного) показателя Y [1, 2].

Достаточно хорошо изучены вопросы отбора существенных для прогнозирования экзогенных показателей, выбора вида модели регрессии, т. е. функциональной зависимости f и оценки значимости результатов моделирования с помощью модели (1) [2].

Вместе с тем, в целом ряде предметных областей значения отдельных показателей (как экзогенных, так и эндогенных), приводимых в официальной статистике, заданы не количественно, а описаны лингвистически (например, качество «абсолютно недопустимо», «низкое», «среднее», «высокое», «абсолютно приемлемо»). Такие оценки очень часто используются в организационных и

© Меньших В. В., Морозова В. О., 2021

организационно-технических системах, в частности в процессе принятия решений в системах критического применения (например, правоохранительных органах) [3].

Указанное обстоятельство делает невозможным непосредственное использование регрессионного моделирования в указанных ситуациях, т. к. регрессионные модели могут быть построены только на основе числовых значений показателей. Вопросы количественного описания лингвистически описанных параметров описаны в [4, 5], где представлены методы, позволяющие заменять лингвистические оценки специальным образом построенными нечёткими множествами.

В данной работе описывается метод, позволяющий использовать указанные описания лингвистически заданных значений показателей в моделях множественной регрессии и, если это необходимо, осуществлять обратный переход к лингвистическим оценкам.

2. Описание метода

Для решения описанной задачи предлагается заменять лингвистические значения экзогенных и эндогенных показателей их количественными оценками, определяемыми медианными значениями a функций принадлежности $\mu(x)$ соответствующих этим значениям нечётких множеств. Данные оценки находятся как решения следующего уравнения [5]:

$$\int_{-\infty}^{d} \mu(x)dx = \int_{d}^{+\infty} \mu(x)dx \qquad (2)$$

Сложность данной задачи зависит от вида функции $\mu(x)$. Если эндогенный показатель Y первоначально описывался лингвистически, то после использования регрессионной модели его значение будет описывать количественно и поэтому необходимо осуществить обратный переход от количественного представления к лингвистическому. Для решения этой задачи предлагается использовать следующий алгоритм.

Пусть $z_1, z_2, ..., z_s$ – возможные лингвистические значения показателя Y;

$d(z_1), d(z_2), ..., d(z_s)$ – медианные значения функций принадлежности соответствующих им нечётких множеств.

Если в результате регрессионного анализа определено, что значение показателя Y приняло значение d, то в качестве лингвистической оценки этого показателя следует принять:

$$z_k = A_{\min}(d - d(z_i)), \qquad (3)$$

где i=1, 2…,s.

Таким образом, решение данной задачи сводится к нахождению медианных оценок функций принадлежности нечётких множеств, описывающих лингвистически заданные оценки эндогенного показателя. Обратимся к решению данной задачи.

3. Описания качественных значений показателей

Рассмотрим наиболее распространённый подход к описанию качественных значений показателей, заключающийся в использовании L-R нечётких множеств, т. е. множеств с функциями принадлежности треугольного вида.

Предполагается, что $\mu(x)$ линейно возрастает на промежутке $[a,c]$ и линейно убывает на промежутке $[c,b]$. Любой из указанных промежутков может оказаться вырожденным (иметь нулевую длину), но не оба промежутка одновременно.

Аналитически функцию принадлежности такого нечёткого множества можно описать следующим образом:

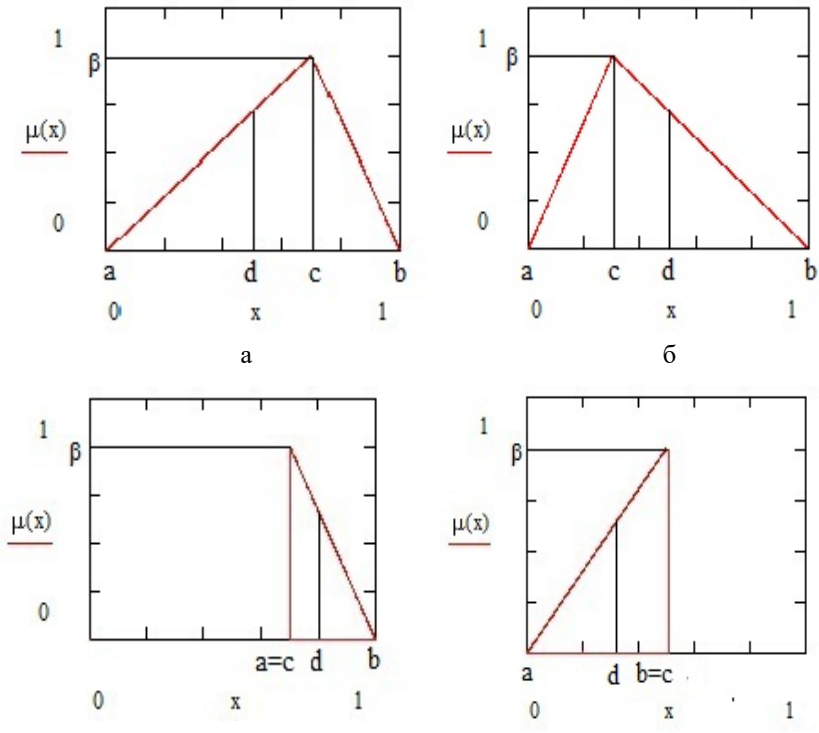
$$\mu(x)=\begin{cases} 0, & \text{если} \quad x \le a; \\ \dfrac{\beta}{c-a}(x-a) & \text{если} \quad a < x \le c; \\ \dfrac{\beta}{c-b}(x-b) & \text{если} \quad c < x \le b; \\ 0, & \text{если} \quad x > b, \end{cases} \tag{4}$$

где $\beta \le 1$ – максимальное значение функции принадлежности нечёткого множества.

Как следует из анализа возможных представлений нечётких оценок лингвистических оценок показателей с помощью методов, описанных в [4], на рис. 1 возможные четыре ситуации:

1. $c-a \ge b-c > 0$;
2. $0 < c-a \le b-c$;
3. $a = c$;
4. $b = c$.

Обратимся к решению уравнения (2) для каждого из описанных случаев, т. е. к нахождению медианных оценок функций принадлежности нечётких оценок.



а – при $c-a \ge b-c > 0$, *б –* *при* $0 < c-a \le b-c$,
в – при $a = c$, *г – при* $b = c$

Рис. 1. Множество с треугольными функциями принадлежности

4. Медианные оценки показателей

Приведём результаты численного решения уравнения (2) для каждого из перечисленных результатов.

1. при $c-a \ge b-c > 0$ медианное значение $d = \dfrac{4a + \sqrt{8(b-a)(c-a)}}{4}$;

2. при $0 < c - a \le b - c$ медианное значение $d = b - \sqrt{\frac{1}{2}(b-a)(b-c)}$;

3. при $a = c$ медианное значение $d = b(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) + \frac{a\sqrt{2}}{2}$;

4. при $b = c$ медианное значение $d = a(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) + \frac{\sqrt{2}b}{2}$.

5. Численный пример

Рассмотрим фрагмент уголовной статистики [3], использующий показатели:

Y – уровень преступности (низкий, средний, высокий);

X_1 – численность населения;

X_2 – количество преступлений совершенных в 2020 году.

В качестве нечётких множеств рис. 2, описывающих лингвистические оценки используем следующие функции:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} \frac{1}{-0,3}(x - 0,3) \quad \textit{если} \quad 0 < x \le 0,3; \\ 0, \quad \textit{если} \quad x > 0,3. \end{cases} \tag{5}$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 0, \quad \textit{если} \quad x \le 0,2; \\ \frac{1}{0,5-0,2}(x - 0,2) \quad \textit{если} \quad 0,2 < x \le 0,5; \\ \frac{1}{0,5-0,8}(x - 0,8) \quad \textit{если} \quad 0,5 < x \le 0,8; \\ 0, \quad \textit{если} \quad x > 0,8. \end{cases} \tag{6}$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, \quad \textit{если} \quad x \le 0,7; \\ \frac{1}{1-0,7}(x - 0,7) \quad \textit{если} \quad 0,7 < x \le 1. \end{cases} \tag{7}$$

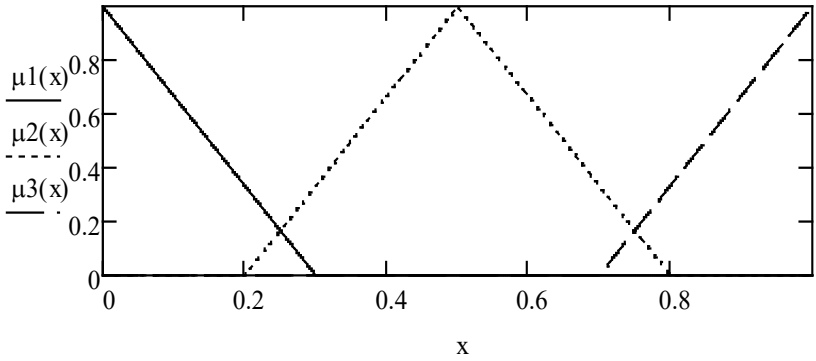


Рис. 2. Нечёткие множества, описывающие лингвистические оценки

Как видно, нечеткие числа зацеплены друг за друга. Это отражает тот факт, что нет резкого разделения между соседними оценками, и переход от одной лингвистической переменной к другой происходит постепенно.

Медианные оценки для указанных нечётких множеств имеют следующие значения, полученные в п.4:

$d(z_1) = 0,088;$

$d(z_2) = 0,5;$

$d(z_3) = 0,912$.

На основе регрессионного анализа, получено следующее уравнение линейной множественной регрессии:

$$Y = 1340,3 - 0,13 \cdot X_1 + 0,014 \cdot X_2 + \varepsilon.$$

Указанное уравнение, применённое к данным Воронежской области и после решения оптимизационной задачи (3), позволят сделать вывод, что в Воронежской области средний уровень преступности, что соответствует известным статистическим данным [3]. При этом, если показатель X_2 увеличится на 30%, то уровень станет высоким, а если показатель X_2 уменьшится на 50%, то уровень станет низким.

Полученный вывод показывает, что применение разработанного метода может быть полезно при осуществлении аналитической работы и принятии управленческих решений в системах критического применения.

Заключение

Таким образом, в данной работе был предложен метод, позволяющий использовать описания лингвистически заданных значений показателей в моделях множественной регрессии.

Разработанный метод может быть усовершенствован на основе замены скалярной оценки функции принадлежности (её медианного значения) векторной оценкой. Однако в этом случае значительно возрастает вычислительная сложность решения задачи.

Список литературы

2. Елисеева, И. И. Эконометрика : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. И. Елисеева – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 449 с.
3. Кремер, Н. Ш. Эконометрика : учебник для студентов вуза / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко ; под ред. Н. Ш. Кремера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ, 2010. – 125 с.
4. Сведения о состоянии преступности в Российской Федерации за январь-декабрь 2020 года: [Электронный ресурс] // аналитический отчет ФКУ ГИАЦ МВД России. – Режим доступа: https://xn--b1aew.xn--p1ai/reports/item/21933965/.
5. Данилова, О. Ю. Правовая статистика: методы и модели : учебное пособие / О. Ю. Данилова, В. В. Меньших, С. В. Синегубов. – В. : Воронежский институт МВД России, 2018. – 302 с.
6. Борисов, А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей : Примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров – Р. : 1990. – 184 с.
7. Пономарев, А. С.Нечеткие множества в задачахавтоматизиров анного управления и принятия решений / А. С. Пономарев. – Х. : НТУ «ХПИ», 2005. – 258 с.

Гетерогенная модель ажиотажного цикла цифровых технологий

В. Ф. Минаков, email: m-m-m-m-m@mail.ru [1]
Т. Е. Минакова, email: t.e.minakova@mail.ru [2]
О. Ю. Дудко, email: shepeleva-olga@list.ru [1]

[1] Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[2] Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. *Верифицирована обобщенная экономико-математическая модель распространения цифровых технологий. Модель отличается учетом влияния как информации, способствующей, так и информации, препятствующей распространению цифровых решений. Показано, что закономерности роста спроса и его купирования подчиняются общим закономерностям, описываемым диффузионными уравнениями, но с разнонаправленным влиянием на восприятие и использование нововведений.*

Ключевые слова: *цифровые технологии, жизненный цикл, цикл Гартнер, эффективность, гетерогенная модель, сигмоиды роста и спада потребительского спроса.*

Введение

Современные цифровые системы и технологии существенно повысили не только объем формируемой и используемой в бизнес-процессах информации, а также информационных потоков, но и изменили их семантические свойства [4]. В результате влияние смыслового контента информации оказывает столь существенное влияние, что меняет характеристики традиционных экономических процессов [2]. Особенно ярко такое влияние проявляется в трансформации динамических процессов распространения инноваций в их жизненном цикле [7]. Если в условиях ограниченности информации и информационных потоков динамика продаж инновационных продуктов [3] носила монотонный характер, описываемый диффузионными уравнениями с воздействием исключительно гомогенных факторов позитивного характера, то в последние годы жизненный цикл инноваций рассматривается как цикл Гартнер с фазами как позитивного, так и негативного характера.

Происходящие в настоящее время изменения характеризуют уровнем зрелости в виде отражения местоположения нововведения на

© Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Дудко О. Ю., 2021

кривой цикла Гартнер. В этой связи актуальной становится проблема выявления закономерностей, нарушающих монотонность процессов распространения инноваций, а также верификация экономико-математической модели, адекватно отражающей фазы ажиотажного цикла.

1. Гетерогенная модель влияния факторов на распространение цифровых инновационных решений

Традиционные модели жизненного цикла инноваций базировались на учете тех факторов, которые позитивно влияют на распространение инновационных продуктов: новые свойства, улучшенные характеристики, экономические преимущества и т.п. В результате динамика распространения инноваций представлялась монотонным процессом – сигмоидой нарастающего характера, как это показано на рис. 1.

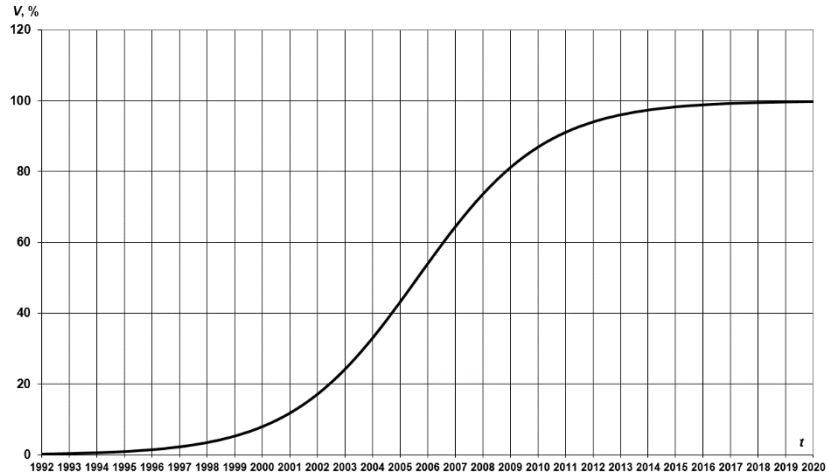


Рис. 1. Гомогенный характер влияния факторов распространения инноваций

Однако, по мере выхода каждой инновации на рынок проявляются негативные воздействия (например, информационные вбросы недобросовестных конкурентов), которые вызывают снижение интереса потребителей к продукту [5]. Приведем в качестве классического примера прецедент с нововведениями Николы Тесла по производству и передаче электрической энергии на переменно токе. Несмотря на достоинства такого метода традиционные системы Эдисона (на

постоянном токе) доминированием масштаба коммерческого использования долгое время препятствовали выводу на рынок систем Теслы. Важно отметить, что, несмотря на препятствия, в последующем в соответствии с кривой, приведенной на рис. 2, создание электроэнергетических систем и сетей для снабжения потребителей электрической энергии базируется на технологиях переменного тока.

Экономические факторы первоначально обусловили спад распространения средств демонстрации 3D фильмов (в частности, технологий стерео–70). И только в 21 веке получили распространение технологии 3D при съемах и демонстрации фильмов, включая телевизионные системы. Такая закономерность характерна для многих инновационных процессов в условиях цифровой экономики [2, 8].

Приведенные прецеденты изменчивости показателей экономической конъюнктуры, характеризующие закономерность не только роста, но и спада спроса на инновационные продукты, требуют верификации адекватной математической модели [1]. Очевидно, что влияние, например, негативной информации на восприятие инноваций имеет природу, аналогичную воздействию позитивной информации. Следовательно, характер негативного воздействия также может быть представлен S–образной кривой (сигмоидой). Поэтому распространение инноваций можно представить разностью соответствующих сигмоид.

В этом случае ажиотажный спрос сменяется интервалом времени падения интереса к инновации. Если диффузионная модель роста имеет решение в форме:

$$C_p^*(t) = 1 / \left(1 + e^{-(t - t_p)/T_p} \right), \tag{1}$$

то решение, отражающее падение, имеет вид:

$$C_n^*(t) = -1 / \left(1 + e^{-(t - t_n)/T_n} \right) \tag{2}$$

Синтез перечисленных разнонаправленных изменений (например, динамики инновационных процессов) позволяет записать обобщенное решение:

$$C^*(t) = \sum_{i=1}^{I} \left[1 / \left(1 + e^{-(t - t_{o,i})/T_{p,i}} \right) - k_i / \left(1 + e^{-(t - t_{n,i})/T_{n,i}} \right) \right. \tag{3}$$

где k_i – сила влияния негативных факторов в сравнении с позитивными, обусловливающими подъем спроса на инновационные продукты; i – номер фазы цикла в динамике спроса на инновационные решения.

Последняя модель в диапазоне изменения времени в 500 единиц (например, дней), графически представлена на рис. 2.

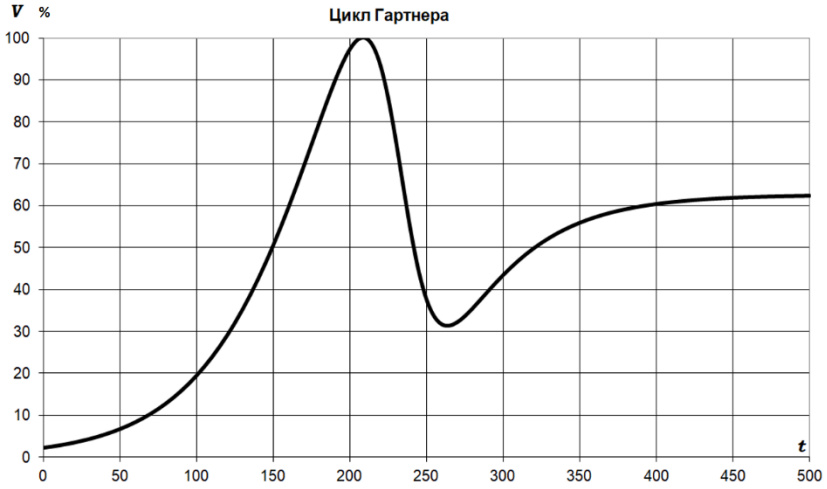


Рис. 2. Гетерогенный характер распространения инноваций

Рассмотрим первый частный случай гетерогенной модели. Им является модель жизненного цикла Роджерса для инновационных продуктов. В этом случае число фаз жизненного цикла равно единице и включает тренд роста: восходящая сигмоида, а также тренд спада – сигмоиду нисходящего характера, причем, диапазоны изменений при росте и спаде равны. В результате модель описывает жизненный цикл, вплоть до полного вытеснения (и утилизации) продукта. Такая ситуация имела место с множеством предшествующий версий операционных систем, а также офисных приложений компании Microsoft.

Второй частный случай, получаемый из обобщенного решения диффузионных процессов роста и спада – модель цикла Гартнер с однократным воздействием факторов негативного характера:

$$C^*(t) = 1/\left(1+e^{-(t-t_O)/T_p}\right) - k/\left(1+e^{-(t-t_n)/T_n}\right). \qquad (4)$$

Получаемый на базе такой модели результат адекватен ажиотажному циклу Гартнер и отражает его основные фазы. Результаты

численного представления процессов распространения инноваций на такой основе позволяет прогнозировать количественно как объемы максимального спроса, его снижения, фазы стабильного спроса, а также утилизации [6].

2. Моделирование гетерогенного воздействия факторов на рост и торможение распространения цифровых инноваций

Рисунок 2 визуализирует распространение инновационных продуктов количественно (для примера – с нормированием максимума к 100 относительным единицам, например, процентам), отражающее учетом цикл ажиотажных процессов предложенной математической моделью.

Рис. 2 показывает, что разработанная модель адекватна временной динамике распространения инноваций в соответствии с циклом Gartner, отражая запуск инноваций (например, технологий), ажиотаж (например, информационный хайп, пик завышения ожиданий), спад спроса, дно спроса, плато потребления. Моделирование выполнено с использованием следующих значений параметров: t_p=200; t_n=233; k=0,7; T_p=44; T_n=11. Изменению соотношения k в диапазоне от 0,1 до 0,8 соответствуют результаты, представленные на рис. 3.

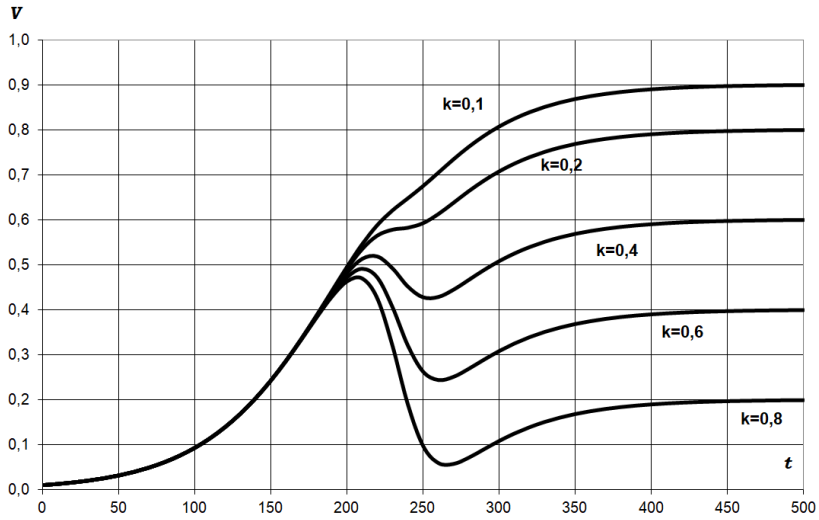


Рис. 3. Влияние факторов противодействия на цикл Gartner

Важным свойством разработанной экономико-математической модели является прямое соответствие параметров модели и параметров

экономических процессов, а соответственно – возможность их измерения в режиме реального времени. Поэтому идентификация названных величин математическими методами позволяет получать реальные величины, во-первых, характеризующие цикл ажиотажа, во-вторых, использовать их в качестве метрик, используемых в управлении экономическими процессами (например, инновациями), и измеряемых в реальных экономических системах, например, для мониторинга, контроля и управления.

Заключение

Предложенный метод суперпозиции диффузионных трендов представления противоположно направленных процессов роста и снижения спроса на инновационные продукты позволяет верифицировать экономико-математическую модель жизненного цикла инноваций, адекватную ажиотажным процессам роста и спада их потребления. В частном случае разработанная модель описывает цикл ажиотажа, предложенный компанией Гартнер, отражающий этапы распространения инноваций, что позволяет прогнозировать динамику потребления инновационных продуктов.

Список литературы

1. Путькина, Л. В. Динамика концепции развития предпринимательских структур / Л. В. Путькина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2-3 (33). – С. 79-80.

2. Путькина, Л. В. Корреляция экономического роста и информационных ресурсов / Л. В. Путькина // В сборнике: Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства. Сборник научных трудов II международного научно-практического форума. Под редакцией В.А. Королева. – 2019. – С. 289-291.

3. Путькина, Л. В. Особенности инновационных предпринимательских структур / Л. В. Путькина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2-3 (33). – С. 80-82.

4. Путькина, Л. В. Эффективность интеллектуальных технологий в ИТ-инфраструктуре предприятия / Л. В. Путькина // В сборнике: Производственные и информационные аспекты стратегического развития социально-экономических процессов. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2020. – С. 364-368.

5. A spatio-dynamic modelling of environmental safety of the Russian Federation regions / V. V. Glinskiy [и др.] // Procedia Manufacturing. – 2017. – Т. 8. – С. 315-322.

6. 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. T. 29. – № 4. – C. 377-386.

7. Borisov, V. N. Assessment of the innovation factor contribution to the intersectoral complex development program / V. N. Borisov, O. V. Pochukaeva // Studies on Russian Economic Development. – 2000. – T. 11. № 5. – C. 448-457.

8. Sources of high-tech business financing: experience of empirical research / N. A. Kravchenko [и др.] // Academy of Accounting and Financial Studies Journal. – 2017. – T. 21. № 3. – C. 12–14.

Методы оценивания эффективности роботизации процессов

И.В. Попова, email: inessapopova0506@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются возможности роботизации бизнес-процессов, проводится анализ критериев для определения возможности автоматизации бизнес-процессов, а также рассматривается возможность применения метода нечеткой логики для повышения эффективности автоматизации.*

Ключевые слова: *роботизированная автоматизация процессов, RPA, Robotic Process Automation, критерии нечеткого оценивания.*

Введение

Планирование реализации ИТ-проектов всегда является одним из сложных вопросов для большинства компаний. Несмотря на множество существующих методик и практик, оценить трудозатраты и эффективность внедрения с точностью, близкой к 100%, могут только профессиональные проект-менеджеры с большим опытом работы. Что же касается новых для компаний технологий, то реализация данных проектов всегда связана с определенными рискам [1].

RPA (Robotic Process Automation или роботизация бизнес-процессов) – это технология, позволяющая автоматизировать рутинные, повторяющиеся бизнес-процессы, позволяя сотрудникам сосредоточиться на более важных и сложных задачах. RPA применяется для процессов с четко прописанным алгоритмом действий. «Боты» способны полностью имитировать действия пользователя, и работать с сайтами, почтой, текстовыми документами, а также с различными системами.

В настоящее время RPA используется, как правило, для менее сложных, высокоструктурированных и часто встречающихся процессов. Хотя большинство RPA вендоров предлагают интеграцию с искусственным интеллектом, данные решения будут востребованы только в будущем [2].

Многие компании только начинают открывать для себя такую технологию как RPA. И здесь появляется вопрос о том, какие же процессы можно автоматизировать, а также о том, насколько это выгодно. Если бизнес-процессов для автоматизации в компании несколько, то необходимо проанализировать каждый процесс и

© Попова И. В., 2021

выделить процессы, которые наиболее подходят для автоматизации и принесут компании наибольший эффект.

1. Преимущества и недостатки внедрение роботизированных процессов

Потенциальные преимущества RPA многочисленны. Компаниям обещают огромную экономию средств и повышение качества. RPA также ассоциируется со словом «быстрый»: быстрая разработка, быстрое внедрение и быстрая окупаемость. Однако опыт доказывает, что это не всегда так. Не все компании, внедрившие RPA, могут заявить об успешном окончании проекта и о достижении поставленных целей. Некоторые клиенты сообщают, что ожидали от роботизации бизнес-процессов большего. Опрос клиентов показывает, что в 86% случаев внедрение RPA привело к ожидаемому повышению производительности или даже превысило ожидания. Однако, автоматизация не оправдывает ожидания по экономии средств в 40%, в частности, потому что разработка и внедрение требуют больше времени, чем ожидалось. Таким образом, можно сделать вывод о том, что к подготовке и планированию RPA проектов следует относится внимательнее, включая во внимание факторы, которые могут привести к задержке проекта [2].

Следует отметить, что при роботизированной автоматизации бизнес-процессов можно выделить общие выгоды, недостатки и затраты. К основным выгодам внедрения роботизации можно отнести повышение эффективности процессов при сокращении времени на их выполнение, улучшение качества работы. Для многих клиентов важным фактором является возможность работы 24/7, что позволяет выполнять некоторые процессы ночью. Автоматизация также несёт в себе иные преимущества. К примеру, сводит количество ошибок к нулю, исключая человеческий фактор. В некоторых случаях подобные ошибки могут обойтись компании очень дорого. Еще один важный плюс – это сокращение общих затрат на выполнение бизнес-процесса, а именно, сокращение количества сотрудников, участвующих в бизнес-процессе, или освобождение рабочего времени сотрудников для выполнения других заданий.

Однако, следует учесть и затраты, которые понесет клиент, решив внедрить RPA. К таким затратам следует отнести затраты на разработку и внедрение RPA. «Ботов» необходимо установить, протестировать, а при необходимости, внести изменения. Далее, в течение определенного периода времени, необходимо проверять и анализировать его работу. На это также должны быть запланированы ресурсы. Еще один тип затрат, который ожидает клиентов – это затраты на лицензию RPA-платформы.

Такая подписка может оплачиваться каждый месяц или каждый год, в зависимости от поставщика и типа лицензии.

Помимо затрат, есть и другие минусы, которые следует учитывать перед началом реализации RPA проекта. Проблема безопасности является одной из самых сложных и спорных на данный момент. Открытым остается вопрос о конфиденциальных данных, таких как учетные записи. Следующий вопрос, на который предстоит ответить – это вопрос о том, кто будет ответственен за ошибку, допущенную роботом. Сопротивление персонала или руководства – также является весомым минусом при внедрении роботизированной автоматизации. Для успешного внедрения РПА необходим грамотный анализ бизнес-процесса, который возможно провести только при поддержке персонала и руководства компании. Для этого необходимо, чтобы каждый понимал цели автоматизации и способствовал развитию данного проекта [3].

2. Анализ целесообразности внедрения роботизированных проектов

Залогом успешной автоматизации является грамотный анализ бизнес-процесса. Посредством данного анализа необходимо не только определить, насколько данный процесс подходит под критерии автоматизации, но и выяснить, насколько целесообразно данный процесс автоматизировать.

Основными критериями для автоматизации служат:

– четкий алгоритм работы;
– есть явный триггер процесса;
– интерфейс программы не подвергается меняться;
– структурированные данные;
– большие объемы транзакций.

Опираясь на эти критерии следует понимать, что, если мы можем автоматизировать процесс с использованием РПА, совершенно не значит, что мы должны это делать. Если автоматизация возможна с использованием программирования и API-запросов, и при этом никакие другие факторы не противоречат этому, то такая автоматизация должна быть предпочтительнее, чем применение RPA [2].

Процессы, для выполнения которых необходим контроль человека, пока не популярны для автоматизированной роботизации. Ситуации, для которых требуется принятие решения, должны обрабатываться роботом, интегрированным с системами искусственного интеллекта. На сегодняшний день это возможно только при наличии большого объема структурированных данных. Такая автоматизация требует еще больших затрат, а также не всегда возможна, так как не все компании обладают возможностью собрать нужный объем данных. Поэтому основным

направлением роботизации на сегодняшний день остаются рутинные, четко структурированные процессы.

Многие компании пытаются выделить для себя негласные принципы и правила автоматизации, основанные на их собственном опыте. Так, например, компания Forrester предлагает «правило 5» [4]:

– не более 5 решений
– не более 5 приложений
– не более 500 кликов.

К сожалению, на данный момент не существует единого подхода для определения того, какие же процессы должны быть автоматизированы.

Классическим примером оценки эффективности автоматизации является количество времени, которое удастся сохранить благодаря роботам. Обобщая результаты пилотов на глобальные процессы, которые предполагается автоматизировать, можно подсчитать примерное количество часов, которое получится сэкономить (обычно цифры колеблются от 30% до 70%). После того, как эта цифра будет получена, можно использовать информацию о сотрудниках (включая их оклад), процессы которых будут автоматизированы, и подсчитать среднечасовую экономию. Крайне важно, чтобы в эту цифру также включалась информация о будущих возможных курсах по обучению персонала, повышениям, затратам на поддержку рабочего места и т. п.

3. Комплексная оценка внедрения роботизированных процессов

Проведение комплексной оценки внедрения RPA необходимо в том случае, когда в компании планируется автоматизировать не один, а несколько бизнес-процессов. В данном случае перед ИТ-отделом часто возникает вопрос о том, какие из процессов необходимо автоматизировать, а какие процессы оставить без изменений. Одним из методов такой оценки может служить распределение бизнес-процессов на четыре категории: нецелесообразно, скорее нецелесообразно, скорее целесообразно, целесообразно.

Для реализации необходимо провести оценку каждого бизнес-процесса по четырем параметрам:

– FTE – число задействованных в процессе сотрудников (fulltimeemployee);

– ST – число сотрудников, поддерживающих RPA-процесс (supportteam);

– CF – фактор сложности процесса (complexityfactor);

– VF – фактор волатильности (изменчивости) процесса (volatilityfactor).

Измерив каждый показатель, можно разместить любой процесс на системе координат, где по оси ординат будет сложность и волатильность, а по оси абсцисс – число задействованных в процессе сотрудников и число сотрудников, поддерживающих RPA проект. Систему координат с проставленными на ней процессами можно разделить на четыре квадранта критериев-рейтингов:

– P1 – безусловно целесообразно;
– P2 – скорее целесообразно;
– P3 – скорее нецелесообразно;
– P4 – нецелесообразно.

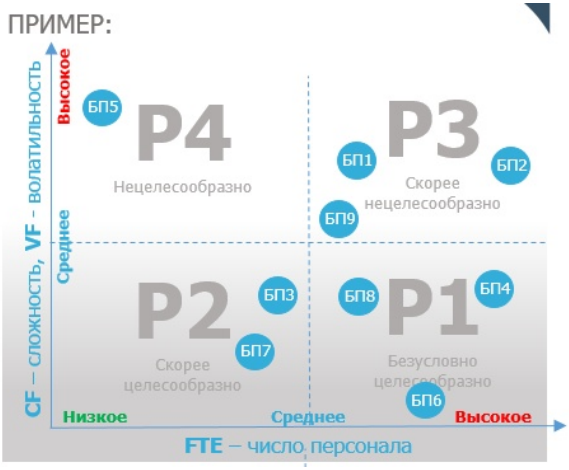


Рисунок. Представление распределения бизнес-процессов

Данный метод позволяет лишь визуально определить, какие процессы наиболее подходят для автоматизации. Однако, он не учитывает, сколько рабочего времени будет сэкономлено благодаря автоматизации. Также, используя описанный выше метод, нельзя сказать и о том, когда окупиться внедрение проектов.

Определение группы бизнес-процессов, наиболее подходящих для роботизированной автоматизации возможно с помощью применения метода нечеткой логики, позволяющей не только ввести дополнительные критерии оценки, но и использовать для оценки лингвистические переменные [5]. Таким образом, можно ввести ранжирование процессов по сложности: высокая, средняя, низкая. Далее каждому параметру необходимо задать дополнительный вес с помощью мультипликатора, к примеру, от 1.1 до 1.3. Далее, необходимо вычислить

коэффициент эффективности автоматизации для каждого проекта. Полученные коэффициенты можно использовать при планировании комплексного внедрения RPA.

4. Выбор инстумента для оптимизации внетрия РПА

Оценку эффективности внедрения технологий РПА предлагается проводить на основе теории нечеткой логики методом аддитивной свертки ряда критериев.

Важной особенностью применяемого метода является необходимость учета субъективных предпочтений экспертной группы при определении коэффициента эффективности автоматизации процессов. Эта особенность означает, что различные эксперты при одной и той же ситуации, при использовании одной и той же модели могут получить различный результат [5].

При построении метода установлено, что характерными чертами алгоритмов решения задачи выбора оптимальных решений методами нечеткой логики является наличие некоторого набора утверждений (правил), каждое из которых представляет собой совокупность событий (условий) и результатов (выводов). После постановки задачи в терминах правил, состоящих из условий и выводов, производится их специальная обработка. Идея обработки состоит в преобразовании (фаззификации) нечетких значений условий и выводов в количественную форму. Для этого используются различного рода функции принадлежности. Выбор типа функции зависит от решаемой задачи.

Анализ современных подходов к учету специфики неопределенности в процессах протекающих в сфере IT-технологий, а также существующих методик их описания показал:

особенностью метода нечеткой логики является наличие возможности оценки эффективности внедрения относительно «идеальной IT-компании»;

оценку результатов внедрения РПА определять на основе статичной и динамической составляющих по значению коэффициента эффективности.

Из вышеизложенного следует, что применение метода нечетких экспертных оценок может существенно повысить качество комплексного внедрения RPA

Заключение

RPA – это не шаг назад и не единственный путь к современному и гибкому IT-ландшафту. Скорее, RPA – это инструмент, который – умело и в нужных местах – привносит с собой ловкость и возможности быстрого изменения и дополняет современный ИТ-ландшафт. Несмотря

на то, что технология для многих компаний является новой, те, кто не боится ее внедрять и ответственно подходят к этому вопросу, улучшают качество бизнес-процессов, а также повышают уровень работы своих сотрудников.

Вопрос выбора бизнес-процессов, подходящих для автоматизации, остается открытым. Определив критерии, по которым можно выделить бизнес-процессы, подходящие для автоматизации, необходимо так же проанализировать все выгоды и затраты, связанные с реализацией проекта. Каждая компания проводит анализ на основе своего личного опыта, что может привести к ошибкам оценки затрат на внедрение проекта.

Одним из методов анализа возможности внедрения RPA для нескольких бизнес-процессов является распределение бизнес-процессов на основании четырех основных критериев: число задействованных в процессе сотрудников, число сотрудников, поддерживающих RPA-процесс, фактор сложности процесса, фактор волатильности (изменчивости) процесса. Однако данный метод не дает информации о сэкономленном времени после внедрения RPA, а значит, нельзя сделать вывод о том, насколько быстро окупиться имплементация. Другой метод, позволяющий оценить эффективность внедрения RPA – метод оценки бизнес-процессов на основании нечеткой логики. Данный метод позволяет вычислить коэффициент эффективности автоматизации и использовать эти данные при планировании комплексного внедрения RPA. Таким образом, применение метода нечеткой логики повысит эффективность вложения денег компанией и поможет оптимизировать расходы на персонал.

Список литературы

1. Aguirre, S. Automation of a Business Process Using Robotic Process Automation (RPA): A Case Study. Workshop on Engineering Applications. / S. Aguirre, A. Rodriguez. – Berlin: Springer Verlag. 2017. – P. 65-71.

2. Smeets, M. Robotic Process Automation (RPA) in der Finanzwirtschaft. / M. Smeets, R. Erhard, T. Kaußler. – Berlin: Springer Verlag. 2019. – P. 2-15.

3. Shetty, S. Gartner Says Worldwide Spending on Robotic Process Automation Software to Reach $680 Million in 2018 [Press release]. [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа : https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-13-gartner-says-worldwide-spending-on-robotic-process-automation-software-to-reach-680-million-in-2018. .html

4. Leslie, J. Ten Golder Rules fro RPA Success.[Электронный ресурс] : статья – Режим доступа : https://www.forrester.com/report/Ten+Golden+Rules+For+RPA+Success/-/E-RES143771.

5. 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.

Тенденции развития роботизированных процессов

И. В. Попова, email: inessapopova0506@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются основные направления развития RPA продуктов в ближайшие несколько лет. Также проводится анализ существующих решений и их применение в настоящее время.*

Ключевые слова: *роботизированные процессы, RPA, Robotic Process Automation, тенденции развития, UiPath, iRPA, Blue Prism, Automation Anywhere.*

Введение

Современный мир и развитие ИТ-технологий оказывают все большое влияние на бизнес. Перед компаниями встает вопрос не только реализации качественного продукта, но и грамотной организации работы с клиентами: нативная реклама, быстрое обслуживание и интеллектуальная поддержка в виде чат-бота, мгновенно решающая все проблемы.

Автоматизация является одним из главным трендов 21 века, ведь именно она помогает достигнуть поставленных целей за максимально короткое время. Автоматизируются прежде всего рутинные бизнес-процессы, не требующие принятия решений, выполняющиеся по жестким шаблонам. К таким бизнес-процессам можно отнести заполнение форм для поставщиков, ведение электронных таблиц, создание ежемесячных отчетов, выгрузку данных из одной системы и загрузка в другую.

Рутинные процессы представляют большую проблему для компаний, так как они влияют на эффективность работы сотрудников, стоимость товара, быстроту обработки запросов, и в итоге, на деятельность компании. Сотрудники, занятые рутинной работой, быстрее устают, не удовлетворены своей работой и не замотивированы. Более того, в процессе работы возникает много ошибок, в результате которых приходится выполнять процесс заново. Снижается качество и эффективность работы, что приводит к недовольству клиентов, а в дальнейшем и к снижению прибыли.

Автоматизация рутинных процессов путем программирования является либо долгосрочным проектом, требующим больших ресурсов,

© Попова И. В., 2021

либо просто невозможна. Стоит отметить, что некоторые рутинные процессы действительно невозможно автоматизировать с помощью программирования. Например, в случае отсутствия поддержки интеграции с помощью API-запросов, или есть пользователь при работе использует только интерфейс. В данном случае лучшим решением будет применение RPA (Robotic Process Automation).

1. Анализ существующих решений

RPA – это технология, позволяющая автоматизировать рутинные бизнес-процессы путем имитации действий пользователя на компьютере. «Боты» взаимодействуют с интерфейсами программ так же, как пользователи: кликают мышкой, вводят данные, открывают программы, считывают данные [4].

RPA успешно доказывает свою эффективность в 2020 году в период пандемии. Большинство RPA-вендоров оказало огромную поддержку при борьбе с COVID-19, предложив льготные лицензии и техническую поддержку правительственным структурам, системам здравоохранения, бизнесу. Так, например, компания «Schneider Electric» применила данную технологию для бизнес-процесса поставки средств индивидуальной защиты, сократив время обработки заказов с четырех часов до двух минут. Один из лидеров среди RPA платформ, вендор UiPath предоставил отчет об автоматизации обработки электронных документов с данными о тестах на коронавирус. Таким образом, роботы оказали поддержку медиков сократив время работы с документами в 10 раз, с 2,5 минут до 15 секунд [1].

Рынок РПА стремительно растет и будет развиваться в ближайшие два-три года. Действующие поставщики являются главными игроками на рынке и также активно развивают свои предложения. Компания Gartner считает, что на 10 крупнейших вендоров программного обеспечения RPA приходится более 70% доли рынка RPA.

Более того, если несколько лет назад многие платформы стремились именно повторить действия пользователя и реализовать возможность взаимодействия с интерфейсом также, как это делает сотрудник, то сейчас к этому добавляется возможность интеграции с приложениями с помощью API. Но и на этом многие поставщики не останавливаются и продолжают развивать свои продукты.

По данным GVR (Grand View Research, Inc.), к 2025 году ожидается, что расходы компаний на технологии RPA составят $3,11 миллиардов. На рисунке 1 показано, что в развитие RPA значительные инвестиции вкладывают более половины компаний, что отличает данное направление от других технологичных сервисов [2].

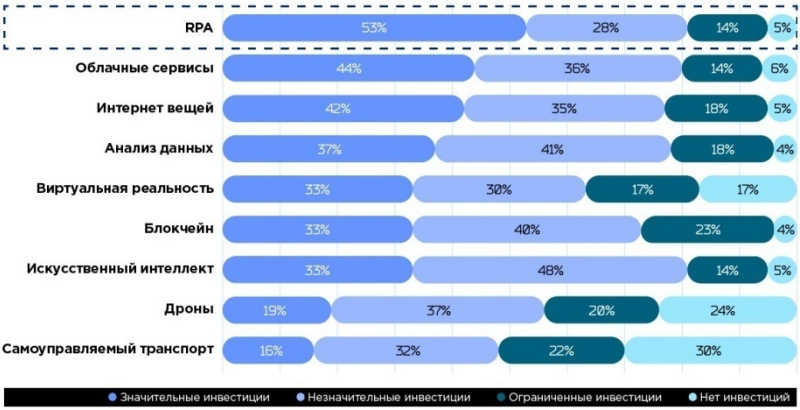


Рис. 1. Сравнение рынка RPA с другими IT-технологиями

Подробные сравнения рынка RPA проводят такие компании, как Gartner и Forrest [3]. Компания Gartner ввела понятие «Магического квадранта».

«Магический квадрант» разделен на четыре квадрата: нишевые игроки, предсказатели, претенденты, лидеры.

RPA-платформы в «Магическом квадранте» оцениваются по двум осям: возможность выполнения по вертикали и полнота видения по горизонтали. Они связаны с их производительностью в 2019 году и их видением на последующие годы. Продавцы оцениваются в соответствии с методологией Gartner для «магических квадрантов», и эти баллы определяют позицию каждого поставщика. Продавцам предлагается предоставить данные для критериев оценки с помощью анкет и отчетов; однако, оценки также включают результаты опросов клиентов Gartner и аналитическую информацию, полученную от клиентов.

Gartner провела сравнение 16 RPA платформ и расположила их относительно друг друга в «Магическом квадранте», представленном на рисунке 2.

В этом году в «Магический квадрант» вошли три новых участника (Microsoft, SAP и Samsung SDS). Эти крупные вендоры демонстрируют предстоящие изменения и динамичный характер рынка. Во второй год работы «Магического квадранта» была поднята планка «жизнеспособности рынка», актуальности, роста, доходов и того, как вендоры определяют видение своих предложений по RPA в условиях изменчивого рынка. Вендорам RPA-платформ уже недостаточно просто улучшать свои продукты. Необходимо постоянно добавлять новый

функционал, выделяющий их среди конкурентов. Так, уже к концу 2020 года UiPath презентовала новую версию для автоматизации процессов на смартфонах на платформе Android. Тем временем iRPA от SAP презентовала новую версию RPA 2.0, благодаря которой бизнес-пользователи могут без программирования создать простую автоматизацию в несколько кликов. В новой версии реализована нативная поддержка многих продуктов SAP, включая облачные решения и SAP HANA. Также наблюдается изменение позиций многих вендоров в этом году и даже исключение некоторых из них из списка [3].



Рис. 2. «Магический квадрант» 16 RPA платформ

2. Компания UiPath

Компания UiPath была основана в 2005 году в Румынии и является одним из самых быстрорастущих поставщиков RPA. UiPath предоставляет возможность реализации как роботов «с участием», которые помогают сотруднику выполнять лишь часть бизнес-процесса, так и роботов, способных работать автономно, автоматизируя весь

бизнес-процесс. Одним из главных преимуществ UiPath является сотрудничество с компаниями, представляющими такие технологии, как OCR, ML и чат-боты. Таким образом, при создании автоматизации упомянутые ранее технологии могут быть сразу использованы, например, при обработке документов [1].

В настоящий момент UiPath является самой популярной RPA-платформой. Компания предоставляет большое количество решений для различных типов организаций. В 2020 году UiPath входит в лидеры «магического квадранта» по версии Gartner.

В апреле 2020 года UiPath выпустила лицензии на основе ролей, интеграцию с Conversational AI, а также возможность реализации автоматизации тестирования. Осенью того же года компания представляет новую возможность автоматизации – автоматизации мобильных устройств на платформе Android. В 2021 году компания планирует представить бизнес-приложения без необходимости программирования, расширение Automation Cloud, а также встроенную поддержку SAP Fiori.

3. Компания Automation Anywhere

Компания Automation Anywhere была основана в 2003 году и выросла из десктопных интеграционных решений, обеспечив прочную основу RPA. Компания Automation Anywhere расположена в Сан-Хосе, штат Калифорния, США, осуществляет свою деятельность во всех основных регионах мира, уделяя особое внимание крупным корпоративным клиентам [1].

Базовые роботы легко создаются, а после внедрения не требуют строгого контроля со стороны предприятия. Но для создания более сложных ботов необходимы навыки программирования, например, на языке C#. Основными преимуществами для клиентов являются общая простота и стоимость разработки. Automation Anywhere является одним из лидером в «Магическом квадранте». Дорожная карта продукта на 2021 год включает в себя предложение «RPA как сервис», Conversational AI, усовершенствованный портал для разработчиков, улучшенный «Магазин Ботов», а также расширенные возможности поддержки бот-агентов в Linux и MacOS.

4. Компания Blue Prism

Компания «Blue Prism» была основана в 2001 году группой специалистов по автоматизации бизнес-процессов. Первый коммерческий продукт «Automate» был запущен в 2003 году. Наибольший рост начался с 2017 года, тогда количество клиентов компании возросло с 124 до 448. В 2019 году Blue Prism приобрела

Thoughtonomy, теперь переименованную в Blue Prism Cloud. Сейчас Blue Prism работает с клиентами из 170 стран. В 2020 году по версии Gartner компания «Blue Prism» является одним из лидеров «Магического квадранта». Дорожная карта Blue Prism 2021 включает в себя возможности масштабирования RPA, самокоррекцию автоматизации процессов, устойчивость к изменениям пользовательского интерфейса приложений с помощью компьютерного зрения и возможность захвата процесса для реализации автоматизации одним щелчком мыши [1].

5. Продукт Intelligent Robotic Process Automation от SAP

IRPA (intelligent Robotic Process Automation) – продукт автоматизации бизнес-процессов от компании SAP. Ранее iRPA принадлежал компании Contextor. Intelligent Robotic Process Automation входит в пакет SAP Intelligent Enterprise, поддерживает интеграцию с SAP Conversational AI, SAP ML, S4/HANA, ERP, Fiori, а также с облачными решениями SAP Ariba, SAP Fieldglass, SAP Success Factors. Данный продукт вошел в список Gartner только в 2020 году, и пока не входит в лидеры RPA платформ. Однако, стоит заметить, что SAP – это крупная компания, с большим опытом и пониманием бизнес-процессов. На данный момент компания уже реализовала большое количество готовых ботов для основных бизнес-процессов, применимых в особенности, для SAP S4/HANA. Таким образом, понимание рынка и большая клиентская база, а также дальнейшее улучшение продукта должны принести свои результаты компании SAP [3].

Дорожная карта iRPA включает в себя новый набор функций, как например, SAP Cloud Application Studio. SAP Cloud Application Studio позволяет автоматизировать процесс разработки в облаке, а для автоматизации не потребуется писать код.

6. Эффективность внедрения RPA

Оценить эффективность от внедрения RPA позволяет статистический анализ. Согласно результатам анализа, многие компании, внедрившие RPA-технологии, получили ощутимую выгоду и конкурентные преимущества.

В качестве конкурентных преимуществ выделяют следующие: более надежная и качественная реализация задач, повышение скорости и исполнения работ и переналадки в случае изменения производственного процесса (в сравнении с переобучением сотрудников), большое количество автоматизированных задач – работу можно выполнять параллельно практически без ограничений ресурсов, снятие с сотрудников рутинных задач позволяет решать сложные и творческие задачи с большим экономическим эффектом [4].

Анализ показал, что при внедрении RPA улучшаются следующие показатели: уменьшение количества ошибок на 21%, повышение качества рутинных задач на 21%, сокращение временных затрат бизнес-процесса на 19%, сокращение количества систем необходимых для выполнения работ на 14%, сбор архивных данных для улучшения процесса на 7%, оптимизация бизнес-процесса за счет устранения лишних действий на 7% [3].

В целом в компании, успешно внедрившей RPA технологии эффективность бизнеса повышается за счет того, что 90% ручных операций совершается автоматически, в пять раз увеличивается скорость обработки документов, в четыре раза меньше времени тратиться на поиск первичных документов, в три раза закрывается отчетный период и на 50% сокращаются затраты на обработку бухгалтерских документов.

Заключение

Многие специалисты предвещают рынку RPA огромный рост в ближайшие несколько лет. Клиенты уже сейчас могут получить огромные преимущества, внедряя RPA, как когда-то в 1990-х годах они внедряли ERP.

Интеллектуальная автоматизация – одно из приоритетных направлений развития для большинства компаний. Если сейчас речь идет об автоматизации рутинных процессов, то в ближайший год компании будут делать все возможное, чтобы развивать «интеллектуальную» автоматизацию, интегрируя RPA с машинным обучением. Проанализировав предложения вендоров можно заметить, что они уже предлагают данную интеграцию. Однако, это направление сейчас не столь популярно и будет развиваться в ближайшие годы.

Существует и мнение о том, что RPA – это не только продукт для бизнеса. Через нескольких лет боты будут помогать обычным людям выполнять различные рутинные задачи на компьютере. Таким образом, RPA может стать технологией, доступной каждому, в независимости от сферы деятельности.

Список литературы

1. Aguirre, S. Automation of a Business Process Using Robotic Process Automation (RPA): A Case Study. Workshop on Engineering Applications. / S. Aguirre, A. Rodriguez. – Berlin: Springer Verlag. 2017. – P. 65-71.

2. Shetty, S. Gartner Says Worldwide Spending on Robotic Process Automation Software to Reach $680 Million in 2018 [Press release]. [Электронный ресурс] : статья. – Режим доступа :

https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-11-13-gartner-says-worldwide-spending-on-robotic-process-automation-software-to-reach-680-million-in-2018. .html

3. Xu, M. The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges. / M. Xu, J. M. David, S. H. Kim // International Journal of Financial Research, 2018. V 9. N 2. Doi: 10.5430. – P. 90-95.

4. Smeets, M. Robotic Process Automation (RPA) in der Finanzwirtschaft. / M. Smeets, R. Erhard, T. Kaußler. – Berlin: Springer Verlag. 2019. – P. 2-15.

Формирование информационной архитектуры предприятия

Л. В. Путькина, email: PutkinaLV@gmail.com

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Аннотация. *Информационная архитектура предприятия представляет собой комплекс программного обеспечения от определения целей автоматизации производства и заканчивая утилизацией устаревшего программного обеспечения. Формирование информационной архитектуры предприятия позволяет создать модель предприятия, приближенную к реальности.*

Ключевые слова: *Информационная архитектура, предприятие, информационные технологии.*

Введение

Информационная архитектура предприятия представляет собой комплекс программного обеспечения от определения целей автоматизации производства и заканчивая утилизацией устаревшего программного обеспечения [2].

Формирование информационной архитектуры предприятия с использованием информационных технологий позволяет создать модель, приближенную к реальности [3, 5].

Информационная модель предприятия включает в себя: базы данных, хранилища данных, внутренние и внешние бизнес-процессы.

При создании информационной архитектуры предприятия необходимо предусмотреть взаимосвязь организационной структуры предприятия с его стратегией, миссией и целями, определить необходимые бизнес-процессы, материальные и информационное потоки, организационно-штатную структуру [1, 8].

1. Формирование архитектуры цифрового предприятия

Рассмотрим формирование информационной архитектуры предприятия на примере магазина музыкальных инструментов.

Основной стратегической целью магазина музыкальных инструментов является установление лидирующего положения на рынке музыкальных инструментов за счет удовлетворения потребности потенциальных потребителей и своих клиентов инновационными методами и средствами [4, 6, 7].

© Путькина Л. В., 2021

Для того, чтобы описать деятельность предприятия и проанализировать электронный бизнес удобно использовать бизнес-модель Canvas, представленную на рис. 1, которая включает в себя девять блоков:

1) сегментация пользователей;
2) предполагаемая ценность;
3) каналы, через которые осуществляется продажа и поставка;
4) взаимодействие с потребителями;
5) источники дохода;
6) необходимые ресурсы;
7) активности – действия, для успешной реализации работы;
8) партнеры фирмы;
9) структура расходов фирмы.

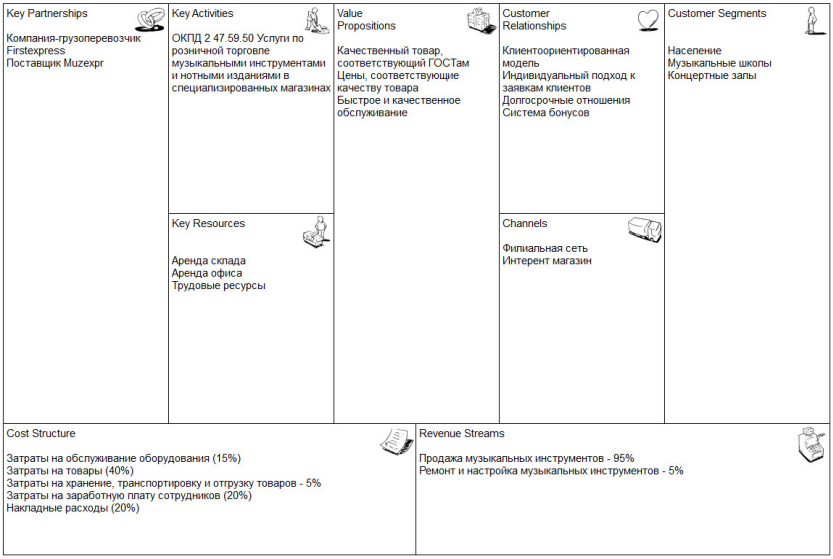


Рис. 1. Бизнес-канва

Для моделирования бизнес-процессов, создания бизнес-модели предприятия, его архитектуры применим следующие программы: Bizagi Modeler и ArchiMate Modeler.

Рассмотрим функциональную структуру предприятия, представленную на рис. 2.

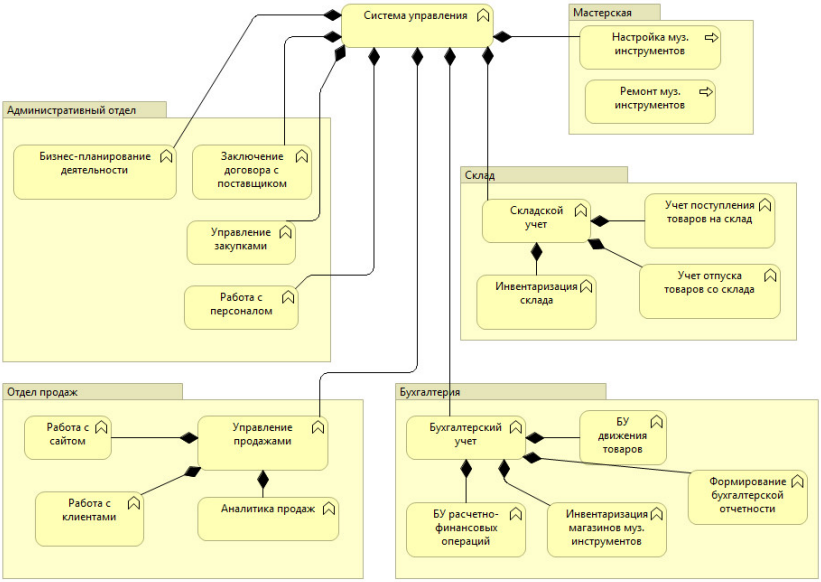


Рис. 2. Функциональная структура

Рассмотрим основные этапы и процессы деятельности магазина музыкальных инструментов.

Благодаря прямому сбыту, компании не требуется прибегать к услугам независимых посредников, то есть в электронном магазине происходит продажа музыкальных инструментов, звуковое оборудование и предоставление услуги – настройка музыкальных инструментов.

На рис. 3 представлена обработка заказа клиента на услугу или покупку товара.

Заключение

Проведенное моделирование бизнес-процессов, формирование информационной архитектуры позволяет повысить эффективность функционирования информационной системы предприятия.

Бизнес-модели отражают основные входные потоки, выходные данные, задействованные ресурсы и управляющие воздействия. Создание таких информационных моделей позволяет учитывать требования электронного бизнеса.

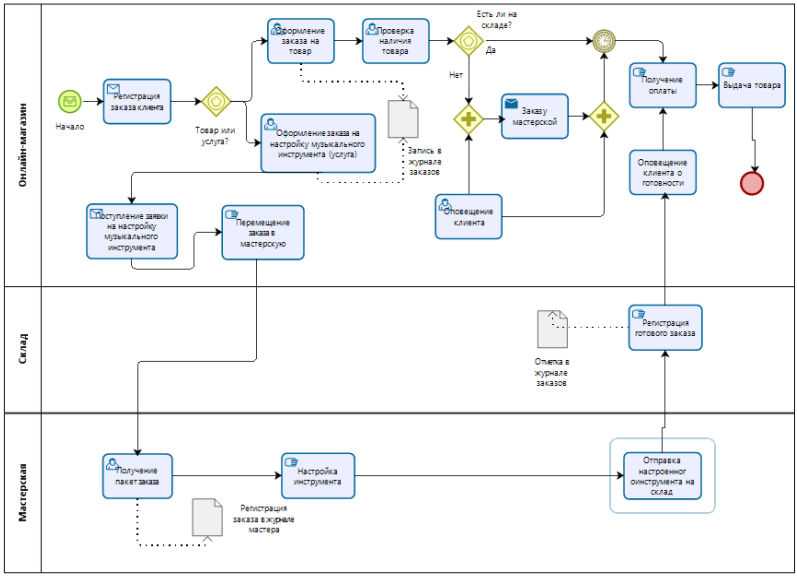


Рис. 3. Модель бизнес-процессов предприятия

Список литературы

1. Минаков, В. Ф. Информационные потоки и потоки знаний в цифровой экономике // В сборнике: Информационно-экономические аспекты бизнес-процессов и финансового развития регионов. Материалы Международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2018. – С. 267-271.

2. Минаков, В. Ф. Концепция информационного пространства знаний и взаимодействия субъектов цифровой экономики // В сборнике: Экономическое развитие регионов России в условиях трансформации информационной среды. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – Ставрополь, 2018. – С. 151-154.

3. Минаков, В. Ф. Парадигма цифровой конвергенции социально-экономических отношений // В сборнике: Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства. Сборник научных трудов II международного научно-практического форума. Под редакцией В.А. Королева. – Ставрополь, 2019. – С. 126-129.

4. Минаков В. Ф. Смарт – инновации в индустрии 4.0 // В сборнике: Интеллектуальные и информационные технологии в формировании цифрового общества. сборник научных статей

международной научной конференции. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2017. – С. 69-72.

5. Путькина, Л. В. Корреляция экономического роста и информационных ресурсов // В сборнике: Россия, Европа, Азия: цифровизация глобального пространства. Сборник научных трудов II международного научно-практического форума. Под редакцией В.А. Королева. – Ставрополь, 2019. – С. 289-291.

6. Путькина, Л. В. Эффективность интеллектуальных технологий в ИТ-инфраструктуре предприятия // В сборнике: Производственные и информационные аспекты стратегического развития социально-экономических процессов. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Даугавпилсский университет, Белорусский государственный университет, Донецкий национальный университет, Белорусский государственный институт проблем культуры, Международный инновационный центр-университет, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Донской государственный технический университет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставропольский государственный аграрный университет – Ставрополь, 2020. – С. 364-368.

7. Путькина, Л. В. Эффективность реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях СКС // Современные аспекты экономики. – Санкт-Петербург, 2009. – №4 (141). – С. 32-34.

8. Путькина, Л. В. Системы дистанционного обучения на платформе MICROSOFT OFFICE SHAREPOINT SERVER 2007 / Л. В. Путькина, Д. О. Деревинский // В сборнике: Дистанционное обучение в высшем профессиональном образовании: опыт, проблемы и перспективы развития. II Межвузовская научно-практическая конференция. Санкт-Петербургский Гуманитарный университет профсоюзов. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 94-97.

Анализ логистических бизнес-процессов на основе выполнения «идеальных» заказов

Д. В. Севрикеев, email: denis-sevrikeev@mail.ru
Ф. С. Жафярова, email: flera-sab@ya.ru
Е. А. Бушмакина, email: lena-bushmakina@mail.ru

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

Аннотация. *На основании практического анализа «идеально» выполненных заказов предприятия оптовой продажи ювелирных изделий ООО «Ника+Иваново» были выявлены проблемы в логистическом бизнес-процессе.*

Ключевые слова: *Совершенствование, логистика, бизнес-процессы, анализ «идеальных» заказов.*

Введение

Современные тенденции и реалии ведения бизнеса все чаще вынуждают предприятия уделять внимание всем элементам бизнес-процесса с целью оптимизации производства предприятий и росту эффективности их деятельности. Для этой цели организации прибегают к различного рода методикам, одной из которых является анализ «идеально» выполненных заказов.

Данный анализ позволяет выявить недостатки в складском бизнес-процессе, становиться индикатором эффективности работы склада, являющийся основанием для формирования мероприятий совершенствования деятельности предприятия или организации.

На примере ООО «Ника+Иваново», находящемся в Ивановской области и занимающейся оптовой продажей ювелирной продукции православной тематики, рассмотрим методику и соответствующие выводы о логистике бизнес-процессов на данном предприятии. Именно поэтапный практический анализ, делает его полезным для применения в других отраслях экономики и на подобных предприятиях, тем самым обосновывая актуальность данной работы.

1. Анализ «идеально» выполненных заказов.

«Идеальным» заказом считают заказ выполненный:

– Точно в срок;

– В той же комплектации, как в заказе (либо максимально приближен к ней);

© Севрикеев Д. В., Жафярова Ф. С., Бушмакина Е. А., 2021

– Груз был доставлен без повреждений и дефектов.

1. О сроках доставки клиент может быть проинформирован лично или узнав о них на сайте компании. В компании «Ника+Иваново» обычно сроки доставки составляют до 3 рабочих дней на сборку. Для некоторых клиентов, чьи заказы можно считать не стандартными и очень большими по объёму, срок составляет 5 рабочих дней. Следует отметить, что в данные сроки осуществляются такие работы, как приемка и обработка заказа, комплектация и упаковка собранного товара, отправка до клиента транспортной компанией «Спецсвязь» или «СДЭК».

2. Комплектация заказа, важная составляющая для каждого предприятия связанного оптовой и розничной торговлей [2]. Для того, чтобы считать заказ «идеально» выполненным, объём проданной продукции должен незначительно отличаться от заказанного объёма. Для этого стоит определить погрешность, а именно процент от объёма продукции, которую не доложили клиенту, в силу каких-либо обстоятельств. В зависимости от специфики деятельности того, или иного предприятия, определяется погрешность, несмотря на которую заказ можно назвать «идеальным». Для предприятия «Ника+Иваново» погрешность при составлении «идеального» заказа должен быть не более 3% ($П_{ср.вз.} < 3\%$). Так как ювелирная продукция может значительно отличаться по весу, то основными единицами измерения погрешности в комплектации собранных заказов для данного анализа будут являться вес и количество проданных изделий, а именно их средневзвешенное значение, формула, которой представлена далее:

$$П_{ср.вз.} = (П_{вес.} + П_{кол.}) / 2 * 100 \quad (1)$$

$$П_{вес.} = (В_{зак.} - В_{прод.}) / В_{зак.} * 100 \quad (2)$$

$$П_{кол.} = (К_{зак.} - К_{прод.}) / К_{зак.} * 100 \quad (3)$$

где $П_{ср.вз.}$ - средневзвешенная погрешность, %;

$П_{вес.}$ - погрешность в весе проданной продукции, %;

$П_{кол.}$ - погрешность в количество проданной продукции, %;

$В_{зак.}$ - примерный (в связи с различным весом изделий, одного и того же артикула) вес продукции, который поступил от покупателя, основанный на среднем весе отсутствующих номенклатурных позиций, гр.;

$В_{прод.}$ - вес продукции, собранной и отправленный покупателю, гр.;

$К_{зак.}$ – количество заказанной продукции, шт.;

$К_{прод.}$ - количество проданной продукции, шт.

3. Перевозка товара, а также его сохранность во многом зависит от работы склада, а именно от сборки и упаковки товара [1]. Для этих целей используются большое количество полиэтиленовых пакетов и картонные коробки. Чтобы избежать повреждения в ООО «Ника+Иваново» осуществляет доставку по специальным тарифам, обеспечивающую бережную доставку. Источником информации о наличии повреждений и дефектов для последующего анализа будет служить такой элемент обратной связи, как личный звонок менеджерам по продаже.

В таблице 1 показаны промежуточные вычисления, необходимых для определения степени соответствия собранного комплекта ювелирных изделий к заказанному. В таблице 2 представлен анализ осуществления «идеального» заказа. Объектами изучения являются заказы оптовых покупателей ювелирной продукции, чьи данные не могут быть согласованы в соответствии с договором об обработке персональных данных, который заключается с каждым контрагентом. Ранжированный список анализируемых заказов делает анализ более объективным. Для обозначения того или иного заказа будет использоваться номер. Источником данных является программа «1С» предприятия «Ника+Иваново».

Таблица 1

Промежуточные вычисления для анализа «идеальных» заказов

№ зак.	$В_{зак.}$ гр.	$В_{прод.}$ гр.	$К_{зак.}$ шт.	$К_{прод.}$ шт.	$П_{вес.}$ %	$П_{кол.}$ %	$П_{ср.вз.}$ %
715	1100,56	1020,22	474	441	7,30	6,96	7,13
714	209,15	163,89	60	52	21,64	13,33	17,49
713	2362,75	1769,10	1440	954	25,13	33,75	29,44
712	67,16	62,56	19	17	6,85	10,53	8,69
711	273,58	245,78	128	118	10,16	7,81	8,99
704	271,45	243,22	232	203	10,40	12,50	11,45
696	531,27	518,24	76	59	2,45	22,37	12,41
695	393,69	392,03	94	92	0,42	2,13	1,27
694	982,21	965,21	492	472	1,73	4,07	2,90
669	854,52	825,20	675	630	3,43	6,67	5,05

Таблица 2

Анализ осуществления «идеальных» заказов на предприятии «Ника+Иваново»

№ заказа	Заказ собран точно в срок?	Груз был доставлен без повреждений?	$П_{ср.вз.}$ %	$П_{ср.вз.}$ < 3% ?	Заказ "идеальный"?
715	Да	Да	7,13	Нет	Нет
714	Да	Да	17,49	Нет	Нет
713	Да	Да	29,44	Нет	Нет
712	Нет	Да	8,69	Нет	Нет
711	Да	Да	8,99	Нет	Нет
704	Да	Да	11,45	Нет	Нет
696	Да	Да	12,41	Нет	Нет
695	Да	Да	1,27	Да	Да
694	Да	Да	2,90	Да	Да
669	Да	Да	5,05	Нет	Нет

В соответствии с проведенным анализом осуществления «идеальных» заказов на предприятии «Ника+Иваново», представленного в таблице 2, можно сделать следующие выводы:

– 9 из 10 заказов собраны точно в срок;

– все 10 заказов поставлены без повреждений;

– комплектация 2 из 10 заказов максимально приближена оформленной на сайте ($П_{ср.вз.} < 3\%$);

– всего 2 заказа из 10 можно считать выполненными «идеально».

На основании данного анализа следует отметить, что работа склада требует совершенствования в данном направлении. Основной проблемой при осуществлении коммерческой деятельности является дефицит товаров, необходимым при комплектовании заказа. Только 2 из 10 клиентов получают товары в комплектации, которая максимально приближена к заказанной. В некоторых заказах $П_{ср.вз.}$ доходит до 30%, а это означает, что только 70% продукции от заказанной комплектации поступает покупателям. Данный факт говорит не только упущенных

доходах предприятия, но возможной потере репутации фирмы среди клиентов.

Заключение

Существует многие методики для анализа различных бизнес-процессов на предприятии. Многие из них являются сложными в освоении, другие требуют больших теоретических и эмпирических данных. Метод анализа «идеально» выполненных заказов является лёгким в освоении и не требует относительно небольшие объёмы данных. При этом результатом данного анализа является определение минусов и плюсов бизнес-процесса, связанного со сбытом продукции. На примере предприятия «Ника+Иваново» были сделаны выводы о наличии недочётов в работе склада, требующие скорейшего исправления. Данная методика позволяет выявить недостатки в маркетинге, тем самым является основанием для совершенствования различных элементов бизнес-процесса на предприятии.

Список литературы

1. Логистика и управление цепями поставок: учебник для среднего профессионального образования / под редакцией В. В. Щербакова. – М. : Юрайт, 2019. – 582 с.

2. Логистика: учебник для среднего профессионального образования / В. В. Щербаков [и др.]; под редакцией В. В. Щербакова. – М. : Юрайт, 2020. – 387 с.

Базовый синтез нейросетевых регуляторов для нелинейных следящих систем управления

С. В. Феофилов, email: svfeofilov@mail.ru
Д. Л. Хапкин, email: dima-hapkin@ya.ru

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Аннотация. *В работе рассматриваются некоторые подходы к обучению нейросетевых регуляторов для нелинейных объектов управления. На простых примерах иллюстрируются предложенные подходы к синтезу прямого и инверсного нейроэмуляторов. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-38-90213).*

Ключевые слова: *Ключевые слова: системы управления, искусственные нейронные сети, нейроэмулятор, нейросетевые регуляторы.*

Введение.

Для получения желаемого управления обычно требуется получить более качественную модель реального объекта, как правило, с учетом множества нелинейностей и нестационарными параметрами. Само получение такой модели может оказаться сложной задачей, однако еще сложнее синтезировать регулятор, который учитывал бы все особенности объекта, для получения высококачественной замкнутой системы. В работе рассматриваются искусственные нейронные сети (ИНС), которые после обучения могут выступать в качестве цифровой модели объекта, или в качестве регулятора в системе управления.

Ранее авторами работы описывались основные принципы использования ИНС в системах управления и рассматривалось их применение для простых линейных объектов [1]. В настоящей статье обсуждается применение ИНС для более сложных нелинейных систем с ограничителями.

1. Нейроэмулятор.

Прямой нейроэмулятор – это ИНС, которая обучается повторять динамику объекта управления (рис. 1).

© Феофилов С. В., Хапкин Д. Л., 2021

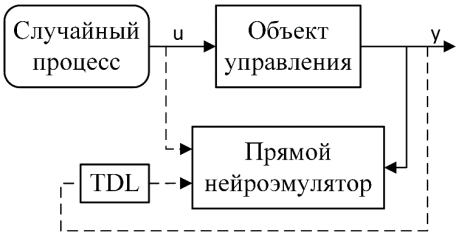


Рис. 1. Схема обучения прямого нейроэмулятора

На рис. 1 на вход нейронной сети (прямой нейроэмулятор) как для обучения, так и для дальнейшего использования подается вектор, состоящий из текущего входного воздействия и реакции объекта на предыдущие воздействия. Для получения текущей ошибки, необходимой для обучения, выход нейронной сети сравнивается с выходом объекта. Обучение производится в режиме оффлайн методом обратного распространения ошибки. После обучения нейронная сеть повторяет прямую динамику объекта.

Далее используются многослойные нейронные сети прямого распространения [2, 3]. Общий вид такой структуры представлен на рис. 2.

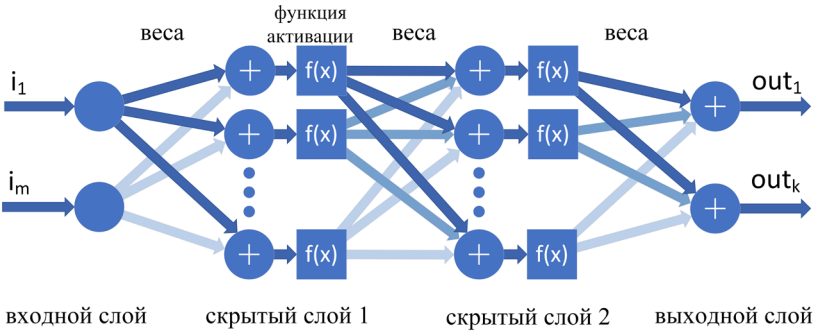


Рис. 2. Общая структура многослойных нейронных сетей прямого распространения

Входной слой поступающие данные никак не преобразует. Далее следует умножение на матрицу весов и в первом скрытом слое происходит сложение поступивших данных на каждом нейроне. Результат передается в функцию активации (это обычно нелинейная функция, дающая возможность нейросети обрабатывать нелинейные

зависимости). Полученные данные снова умножаются на матрицу весов скрытого слоя и поступают на следующий слой. Выбор оптимального количества слоев является отдельной задачей. В выходном слое также может присутствовать функция активации.

Пример № 1 с прямым нероэмулятором.

Рассмотрим апериодическое звено с нелинейностью типа «насыщение».

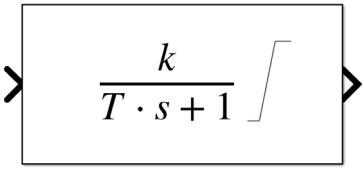


Рис. 3. Апериодическое звено с ограничителем

Была выбрана ИНС со структурой из одного скрытого слоя размером 10 байт и с функцией активации ReLU [3].

На вход нейронной сети подавался вектор из 6 значений:

– текущее и 2 предыдущих значения управления,

– 3 предыдущие значения выхода объекта.

Для обучения выход ИНС сравнивался с выходом объекта, который должен был быть получен на текущем шаге. Структура ИНС была выбрана на основе следующих наблюдений и соображений. Сеть со слишком малым количеством нейронов не способна с удовлетворительной ошибкой повторять динамику объекта, а ИНС большого размера может «переобучиться», т.е. заучить тренировочные данные, и при использовании неизвестных ей сигналов будет показывать плохой результат. При этом «переобучения» можно избежать, во-первых, увеличением размера выборки обучения, во-вторых, контролируя процесс обучения на дополнительных данных, проверяя отсутствие увеличения ошибки. Если такое увеличение будет замечено, то обучение необходимо остановить.

Ниже приведены результаты работы обученной ИНС на гармоническом и ступенчатом сигнале с достижением и без достижения ограничений.

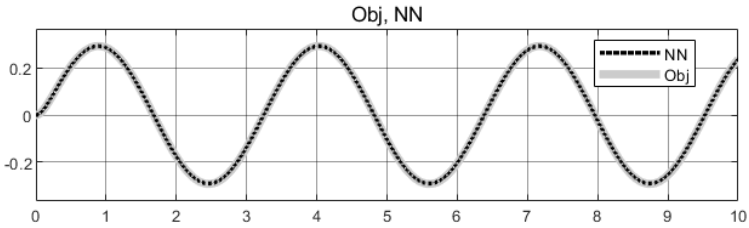


Рис. 4. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на гармонический сигнал, при котором не достигаются ограничения

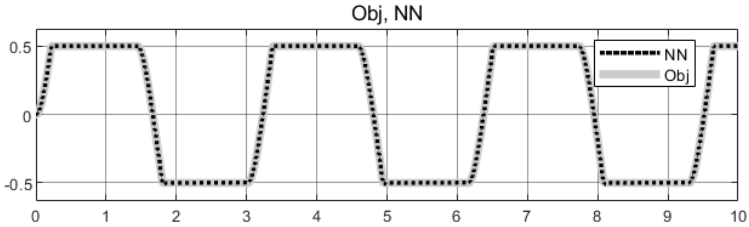


Рис. 5. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на гармонический сигнал, при котором достигаются ограничения

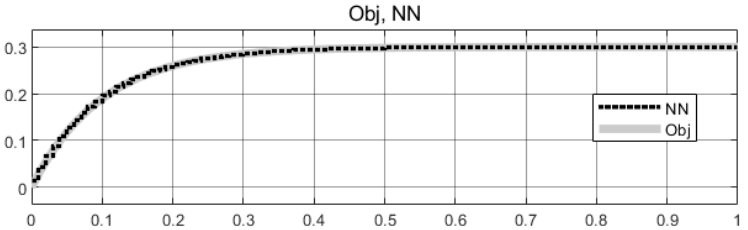


Рис. 6. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на ступенчатый сигнал амплитудой 0.3 (ограничения не достигаются)

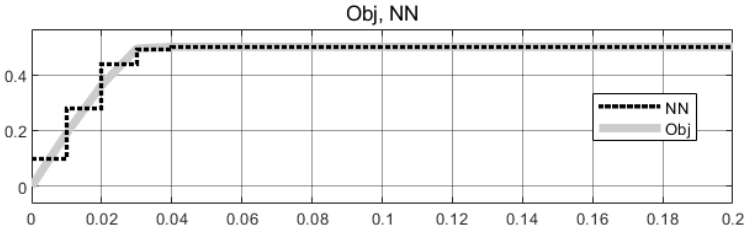


Рис. 7. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на ступенчатый сигнал амплитудой 2 (ограничения достигаются).

Как видно, нейронная сеть с принятой структурой способна обучиться воспроизводить простой нелинейный объект.

Пример № 2 с прямым нейроэмулятором

В этом примере рассмотрим в качестве объекта управления колебательное звено с ограничением типа «механический упор».

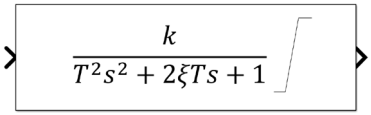


Рис. 8. Колебательное звено с ограничителем

Структура ИНС та же, что и в примере №1. Результаты работы обученной ИНС на гармоническом и ступенчатом сигнале с достижением и без достижения ограничений представлены на рис. 9 – 12.

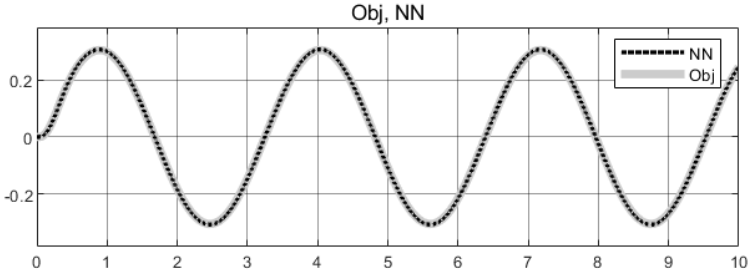


Рис. 9. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на гармонический сигнал, при котором ограничения не достигаются

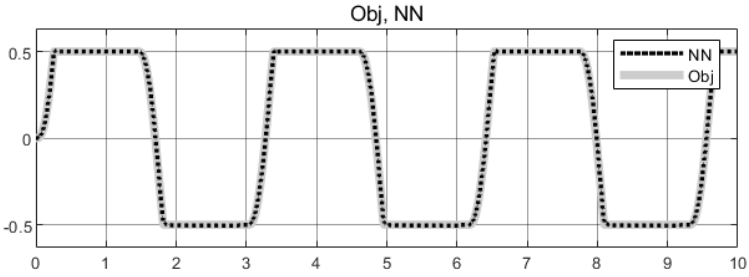


Рис. 10. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на гармонический сигнал, при котором ограничения достигаются

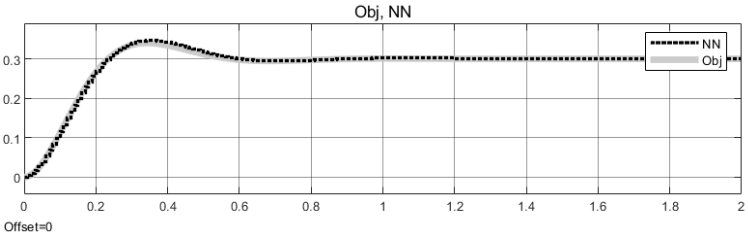


Рис. 11. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на ступенчатый сигнал амплитудой 0.3 (ограничения не достигаются)

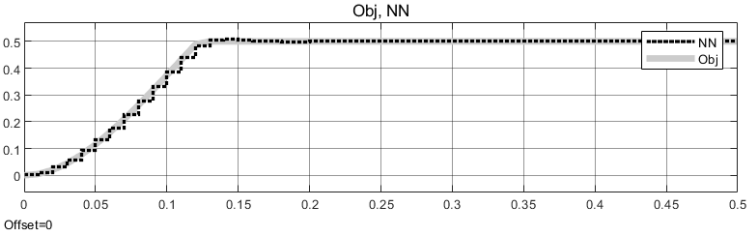


Рис. 12. Реакция объекта и прямого нейроэмулятора на ступенчатый сигнал амплитудой 2 (ограничения достигаются)

Как видно, результат обучения достаточно хороший, однако на ступенчатом сигнале видно, что он несколько хуже, чем с апериодическим звеном. Это связано с возрастанием сложности объекта и необходимостью увеличения размера сети.

2. Инверсный нейроэмулятор.

Инверсный нейроэмулятор используется в методах «обобщенное инверсное нейроуправление» и «специализированное инверсное управление» [4]. В этих методах нейронная сеть обучается повторять инверсную динамику объекта управления и после обучения используется как регулятор (рис. 13).

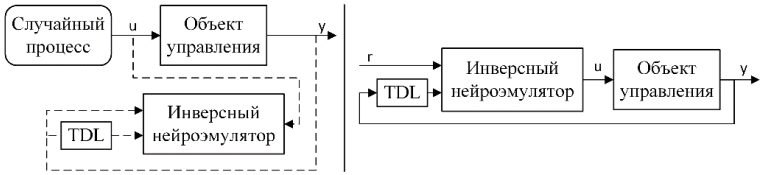


Рис. 13. Схема обучения (слева) и применения (справа) инверсного нейроэмулятора в методе «обобщенного инверсного нейроуправления».

Для обучения инверсного нейроэмулятора используется информация текущего и предыдущих выходов системы и, иногда, предыдущие управляющие значения в качестве входного вектора. На выходе такая система должна выдавать управляющий сигнал, который приведет объект в требуемое состояние.

Пример № 3 с инверсным нейроэмулятором.

В качестве объекта рассмотрим апериодическое звено с нелинейностью типа «насыщение» (рис.3). Синтезируем для него инверсный нейроэмулятор.

Структура ИНС, применяемой в данном случае, состоит из 2-х скрытых слоев: в первом слое 100 нейронов, во втором слое 40 нейронов.

На вход подаются 6 потоков данных. Для обучения используется текущее и 3 предыдущих значения выхода объекта, а также 2 предыдущих значения входа объекта. А для получения ошибки обучения выход ИНС сравнивается с текущим значением входа объекта.

При использовании сети в качестве регулятора на вход подается управляющее значение, 3 предыдущих значения выхода системы, и 2 предыдущих выхода ИНС. Сигнал управления объектом снимается с единственного выходного нейрона.

Далее показаны результаты работы нейросетевого регулятора в сравнении с ПИД-регулятором, синтезированным при помощи средств Matlab (рис. 14 – 17).

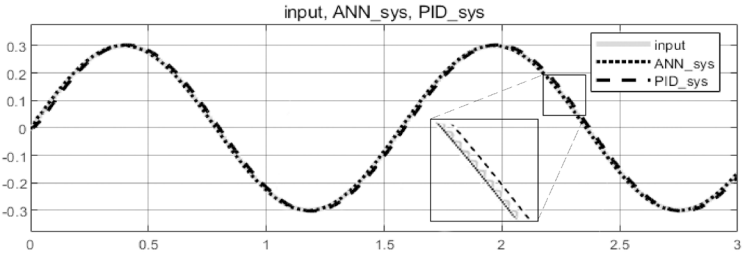


Рис. 14. Реакция системы с нейросетевым регулятором и ПИД регулятором на гармонический сигнал амплитудой 0.3 (ограничения не достигаются)

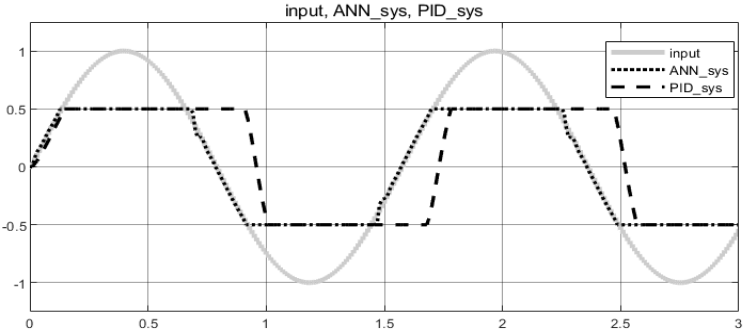


Рис. 15. Реакция системы с нейросетевым регулятором и ПИД регулятором на гармонический сигнал амплитудой 1 (ограничения достигаются)

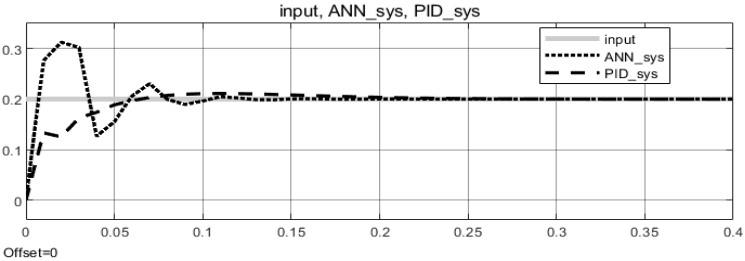


Рис. 16. Реакция системы с нейросетевым регулятором и ПИД регулятором на ступенчатый сигнал амплитудой 0.2 (ограничения не достигаются)

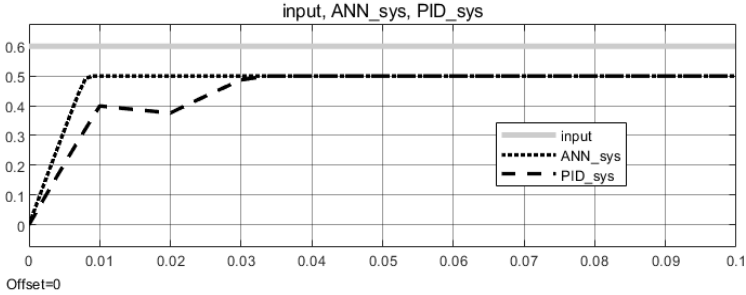


Рис. 17. Реакция системы с нейросетевым регулятором и ПИД регулятором на ступенчатый сигнал амплитудой 0.6 (ограничения достигаются)

Заключение

Были рассмотрены прямой и инверсный нейроэмуляторы для достаточно простых объектов управления первого и второго порядка с нелинейностями типа насыщение и механический упор.

По итогам можно сделать следующие выводы. Прямой нейромулятор позволяет получить достаточно точную модель объекта управления для рассмотренных нелинейностей. Инверсный нейроэмулятор может быть использован в качестве регулятора в системе управления. Однако из-за особенностей процесса обучения управляющие сигналы могут получиться недопустимыми с точки зрения ресурсов, требуемых для воспроизведения таких режимов объектом управления. Также большая ошибка может получиться вследствие того, что оптимизируемая функция имеет множество локальных минимумов, один из которых в процессе обучения будет считаться лучшим результатом. Для устранения этого недостатка возможно дообучение методом без учителя, что является предметом дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-38-90213).

Список литературы

1. Феофилов, С.В. Базовый синтез нейросетевых регуляторов для следящих систем управления / С.В. Феофилов, Д.Л. Хапкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – Тула, 2020. – Вып. 11. – С. 256-261.

2. Галушкин, А.И. Нейронные сети: история развития теории. Кн. 5: Учеб. Пособие для вузов. / А.И. Галушкин, Я.З. Цыпкин. – М.: ИПРЖР, 2001. – 840 с.

3. Бенджио, И. Глубокое обучение. / И. Бенджио, Я. Гудфеллоу, А. Курвилль. – ДМК-Пресс, 2018. – 652 с.

4. Чернодуб, А.Н. Обзор методов нейроуправления / А.Н. Чернодуб, Д.А. Дзюба // Проблемы программирования. – Москва, 2011. – № 2. – С. 79-94.

Сравнение подходов к формированию предложений на электронно-торговой площадке с технологией маркетплейс

М. А. Шмелев, email: shmelev1996@mail.ru
М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Данная работа посвящена анализу электронно-торговых систем с технологией маркетплейс. Рассмотрена задача формирования предложения однородного товара таким образом, чтобы вероятность совершения сделки была максимальна. Подходы на основе подсчета максимума соответствия описаны и применены в рамках данной задачи.*

Ключевые слова: *Электронная торговая площадка, оптимальное предложение, максимум соответствия, характеристические функции, интеграл Шоке, свертка, агрегирование.*

Введение

При анализе и синтезе социально-экономических систем значительную роль играет обоснованный выбор системных элементов и их характеристик, обеспечивающих желаемое состояние системы [1]. В частности, многие социально-экономические системы можно представить как совокупность бинарных отношений $(y_i; y_j)$ между элементами непересекающихся множеств $I_y = \{y_i\}$ и $J_y = \{y_j\}$. Примерами могут являться торговые системы с множествами продавцов и покупателей, рекрутинговые системы с множествами соискателей и трудовых вакансий и т.п. Такие системы можно представлять двудольными графами, на которых решаются обобщенные задачи назначения (кратность ребер вершины может превышать единицу) [2] или задачи поиска паросочетаний, где кратность ребер не превышает единицу [3]. Принятие решений в этих задачах будет заключаться в выборе ребер двудольного графа, отвечающих объективным и субъективным предпочтениям активных элементов множеств I_y и J_y. Поэтому требуется количественная формулировка всех факторов, влияющих на принятие решения, включая субъективные качественные суждения.

Наше исследование будет сосредоточено на анализе компьютеризированных торговых систем, представленных

© Шмелев М. А., Матвеев М. Г., 2021

электронными торговыми площадками (ЭТП) с технологией маркетплейс [4]. Будем считать, что спрос на маркетплейсе формируется внешней средой и динамически меняется случайным образом. Двумя важными задачами поддержки принятия решения субъектами ЭТП являются выбор покупателем подходящего продавца и формирование предложения продавца при известном покупательском спросе. Традиционно такие задачи принято решать как задачи скалярной оптимизации с экономическим критерием, например, как показано в работах [5,6]. Другим примером скалярного подхода является задача динамического определения цены как важной характеристики товара, например, [7]. Однако при выборе желательно учитывать весь спектр потребительских характеристик товара: технические, экономические, эргономические и т.п., которые отражают индивидуальные потребности каждого покупателя и каждого продавца. Для такого выбора больше подходят процедуры установления парного соответствия (матчинга) по вектору характеристик или критериев, развиваемые в работах нобелевского лауреата Э. Рота [8,9].

Наше исследование посвящено второй задаче – формированию предложения, максимально соответствующего одновременно текущему спросу покупателей и индивидуальным возможностям продавца. Под соответствием, здесь и далее, понимается полное или частичное совпадение значений компонент вектора характеристик запрашиваемых товаров и соответствующих компонент вектора характеристик предлагаемых товаров. Чем ближе соответствие пары покупатель-продавец к равновесию, т.е. равенству по всем характеристикам, тем больше вероятность совершения сделки. При этом мы допускаем, что полное равновесие гарантирует совершение сделки рассматриваемой пары. Формирование предложения рассматривается как задача выбора такого вектора характеристик предлагаемого товара, который обеспечит максимальную вероятность сделки.

Рассматриваются два подхода к решению указанной задачи. Они основаны на различных методиках подсчета максимума соответствия. Первый подход основан на компромиссе между покупательским спросом и желаниями продавца (далее – первый подход), а второй нацелен на соответствие спросу (далее – второй подход).

Цель данной статьи – проанализировать различия двух указанных подходов на основе их сравнения. Также будет проведена численная апробация решения конкретной задачи.

1. Формализованная постановка задачи

Пусть имеется некоторый однородный товар, представленный совокупностью своих взаимозаменяемых типов, различающихся

значениями характеристических параметров данного товара. Описание каждого j-го образца (типа) товара, $j = 1;2;...;J$ будем представлять значениями характеристических параметров, описывающих коммерческие, технические и другие возможные свойства товара. Эти параметры удобно представлять соответствующим вектором – $q_j = (q_j^1;...;q_j^n;...;q_j^N)$, каждая n-я компонента которого принимает значения x либо на количественной, либо на качественной шкале.

Будем считать, что каждый k-й покупатель, $k = 1;2;...;K$ хочет приобрести однородный товар с желаемыми значениями характеристических параметров. Вполне естественно, что желания покупателя будут носить расплывчатый характер. В этом случае покупатель имеет возможность выбора, который обуславливается взаимозаменяемостью типов однородного товара. Для этого покупателю необходимо формализовать свои желания и возможности в виде вектора спроса с «обезличенными», нечеткими характеристиками однородного товара – $\tilde{g}_k = (\tilde{g}_k^1;...;\tilde{g}_k^n;...;\tilde{g}_k^N)$ [10]. Векторные компоненты здесь суть лингвистические переменные с именами, совпадающими с именами соответствующих характеристических параметров описания типа однородного товара. Пусть каждая переменная имеет нормированные, триангулярные функции принадлежности $f_g(x)$, носители которых – $x_{\min} \le x \le x_{\max}$ отражают возможности выбора покупателя, а значения функции – уровень его предпочтения (желания). Нормировка означает, что функция в точке моды равна единице. Для дискретных значений носителя функция принадлежности будет иметь табличный вид. Совокупность нечетких характеристических параметров формируют покупательский спрос.

Пусть каждый i-й продавец, $i = 1;2;...;I$, зашедший на ЭТП, формирует свои предложения (trade offer) по j-му типу однородного товара в виде вектора $to_{ij} = (to_{ij}^1;...;to_{ij}^n;...;to_{ij}^N)$ с четкими значениями характеристических параметров, структурно идентичного вектору спроса. В общем случае предложение представлено некоторой совокупностью векторов to_{ij}, $j = 1,2,...,J_i$; $J_i \subset J$. В идеале каждый вектор to_{ij} должен содержать такие значения параметров, которые обеспечивают максимальное соответствие спросу. Очевидно, что идеальная ситуация практически не достижима по нескольким причинам. Прежде всего, формируя свое предложение, продавец должен обеспечить его рентабельность, что накладывает ограничения на изменения стоимостных параметров предложения. Дополнительные

ограничения на изменения параметров предложения связаны, например, с ограниченностью состава и количества складских запасов, определенной инерционностью технологии производства, не позволяющей менять параметры однородного товара с такой же скоростью, что и у спроса. Поэтому, при формировании предложения продавец вынужден ориентироваться на функциональные возможности своего производства. Предполагается, что продавец в состоянии оценить свои функционально-стоимостные ограничения (ФСО) и стремится так сформировать свое предложение, чтобы получить максимум соответствия этим ограничениям.

Пусть каждый i -й продавец формализует свои возможности в виде ФСО, заданных как допустимые интервалы изменений параметров с построением над каждым интервалом функции принадлежности, отражающей желаемость его значений. Тогда ограничения продавца можно представить вектором $\mu_i = (\mu_{i1}; \ldots; \mu_{ij}; \ldots; \mu_{in})$ с теми же именами лингвистических характеристик и видами функций принадлежности $f_q(x)$, что и у вектора спроса.

Задача выбора предложения i -го продавца может быть решена в виде одного, лучшего типа однородного товара. В качестве критерия выбора можно рассматривать компромисс между стремлением к максимальному соответствию предложения обобщенному рыночному спросу и максимальному соответствию ФСО продавца по данному однородному товару. Однако рекомендация в форме единственного типа товара не отвечает реальным потребностям продавца. Дело в том, что акт совершения сделки при единственном предложении, назовем это событием А, рассматривается как случайное событие с вероятностью $p(\mathrm{A})$. Очевидно, эту вероятность можно увеличить, выставляя два, $A \cup B$ (а может и более) предложений:

$$p(A \cup B) = p(A) + p(B) - p(A) \cdot p(B) \geq p(A) \qquad (1)$$

Наконец, спрос постоянно меняется и, как уже отмечалось, предложение не может отслеживать эти изменения по всем компонентам с той же скоростью. Поэтому целесообразно выставить несколько предложений из некоторой окрестности вокруг наиболее соответствующего предложения. Действительно, продавец всегда старается торговать некоторой совокупностью типов однородного товара, а не единственным типом.

Выбирать предложение путем нахождения параметров всей допустимой совокупности типов товара – чрезвычайно громоздкая задача. Поэтому предлагается формировать предложение i -го продавца

как вектор $t\tilde{o}_i = (t\tilde{o}_i^1;...;t\tilde{o}_i^n;...;t\tilde{o}_i^N)$, структурно эквивалентный вектору спроса, компоненты которого представлены соответствующими лингвистическими переменными. Тогда задача формирования предложения сводится к определению функций принадлежности этих лингвистических переменных.

2. Модели решения

Для наглядности опишем этапы первого подхода:

1. Сначала находим выражение покомпонентного соответствия предложения продавца и обобщенного спроса как функцию от вектора значений x компонент. Агрегируем покомпонентные (локальные) соответствия в глобальное соответствие;

2. Затем находим выражение покомпонентного соответствия предложения и ФСО как функцию от вектора значений x компонент. Аналогично агрегируем локальные соответствия в глобальное соответствие;

3. Строим линейную свертку двух глобальных соответствий и ищем такой вектор $x = (x^1;...;x^N)$, который обеспечивает максимум глобального соответствия.

Второй подход предполагает следующую последовательность действий:

4. Сразу ищем покомпонентное пересечение обобщенного спроса и ФСО как упорядоченное множество допустимых решений по каждой компоненте;

5. Полученное множество позволяет вычислить оценки покомпонентного соответствия конкретных типов однородного товара, затем агрегировать их (получить глобальные соответствия по каждому типу товара) и упорядочить эти товары для формирования совокупного предложения.

3. Численная апробация решения задачи

Задачей численной апробации является не только проверка работоспособности приведенных алгоритмов, но и пример интерпретации введенных понятий и терминов. Поэтому целесообразно рассматривать в упрощенном виде рынок конкретного однородного товара с конкретными характеристическими параметрами. Для решения задачи сначала воспользуемся подходом, нацеленного на соответствие спросу.

Пусть таким рынком будет рынок обуви с вектором характеристических параметров $q_j = (q_j^1;q_j^2;q_j^3)$, где компоненты

интерпретируются следующим образом: q^1 – цена; q^2 – размер; q^3 – качество. Все параметры задаются на условной шкале [1;6] нормированными (на границах функция равна нулю, в моде – 1) треугольными функциями принадлежности.

На рынке имеется три покупателя, спрос которых показан в табл. 1. Для удобства расчетов целесообразно сначала перевести имеющиеся данные на условную шкалу [0;1].

Таблица 1

Исходные данные для расчетов

	Цена, a^1, m^1, b^1	Размер, a^2, m^2, b^2	Качество, a^3, m^3, b^3
Спрос 1 пок., объем спроса $\nu = 10$	(2; 2; 5)	(2; 6; 6)	(1; 3; 4)
Спрос 2 пок., объем спроса $\nu = 4$	(2; 4; 6)	(2; 6; 6)	(3; 6; 6)
Спрос 3 пок., объем спроса $\nu = 6$	(2; 4; 6)	(2; 6; 6)	(1; 1; 4)
Функционально-стоимостные ограничения продавца	(1; 6; 6)	(3; 3; 3) $a = m = b$	(1; 6; 6)

Локальные функции принадлежности обобщенного спроса, подсчитанные с помощью взвешенной суммы, показаны на рисунке.

Агрегирование функций принадлежности обобщенного спроса $f_g^n(x)$ и функционально-стоимостных ограничений $f_q^n(x)$ показывает допустимые значения характеристических значений параметров типа товара для включения в предложение. Промежутки допустимых значений параметров показаны в первой строке табл. 2. Они подсчитаны по формулам (2) и (3):

$$L(f_s) = max(L(f_q); L(f_g)), \quad (2)$$

$$R(f_s) = min(R(f_q); R(f_g)), \quad (3)$$

где L и R – левая и правая граница допустимых значений параметров соответственно.

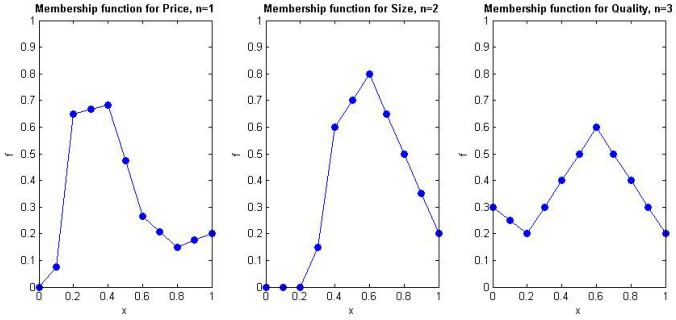


Рисунок. Покомпонентное графическое отображение функций принадлежности обобщенного спроса

Предположим продавец, формируя предложение, включил в него товар со значениями характеристических параметров, показанных во второй строке табл. 2. Локальные соответствия выбранных значений параметров функции f_s^n, вычисленные с помощью оператора min, показаны в третьей строке табл. 2.

Для агрегирования полученных локальных соответствий эксперты определили плотности нечеткой меры локального соответствия (табл.2, строка 4). Используя уравнение [11]:

$$\lambda + 1 = \prod_{n=1}^{N} (1 + \lambda\phi(n)); \quad \lambda > -1 \tag{4}$$

с учетом условия $\lambda > -1$, применительно к соответствию обобщенному спросу, находим корень $\lambda = -0,84$.

Таблица 2

Результаты расчетов

		Цена	Размер	Качество
1	Промежутки допустимых значений параметров типа товара	(0; 1)	0,4	(0; 1)
2	Выбранный продавцом товар для включения в предложение	0,4	0,4	0,6
3	Локальные соответствия	0,4	0,6	0,6
4	Экспертная оценка плотности нечеткой меры, $\phi(n)$	0,64	0,58	0,4

Используя нечеткую меру Сугено [11,12], получаем значения данной меры, представленные в табл. 3.

Далее воспользуемся формулой интеграла Шоке:

$$f_s = agr(f_s^1;...;f_s^n;...;f_s^N) = \sum_{n=1}^{N} f_s^{\pi(n)} \cdot (\phi\ (m_{\pi(n)}) - \phi\ (m_{\pi(n+1)})) \qquad (5)$$

где $m_1 = M = \{1;2;...;N\}$, $m_{n+1} = \varnothing$, $\pi(n)$ – индекс-функция упорядочивания векторных компонент соответствий, ранжированные в порядке возрастания, значения которых представляются соотношением $f_s^{\pi(1)} \le f_s^{\pi(2)} \le ... \le f_s^{\pi(N)}$; а подмножества компонент определяются следующим образом $m_{\pi(n)} = \{\pi(n);\pi(n+1);...;\pi(N)\}$.

Агрегирование локальных соответствий дает следующий результат: $f_s = agr(f_s^1; f_s^2; f_s^3) = 0,4 \cdot (\phi(1,2,3) - \phi(2,3)) + 0,6 \cdot (\phi(2,3) - \phi(3)) + 0,6 \cdot$ $\cdot(\phi(3) - \phi(\varnothing)) = 0,56.$

Таблица 3

$\phi(\varnothing)$	$\phi(1)$	$\phi(2)$	$\phi(3)$	$\phi(1,2)$	$\phi(1,3)$	$\phi(2,3)$	$\phi(1,2,3)$
0	0,64	0,58	0,4	0,90819	0,82496	0,78512	1

Полученный результат интерпретируется следующим образом: товар, выбранный продавцом для включения в предложение, с характеристиками $q = (q^1 = 3; q^2 = 3; q^3 = 4)$, может быть куплен с вероятностью $p_1 = 0,56$.

Подход, нацеленный на соответствие спросу, включает в себя рассмотрение всех товаров с допустимыми значениями параметров. В результате оказалось, что товар с характеристиками $q = (q^1 = 3; q^2 = 3; q^3 = 4)$ имеет наибольшую вероятность покупки.

Допустим, продавец выбрал для включения в предложение еще несколько товаров и посчитал вероятности их продажи: $p_2, p_3, ..., p_k$ по вышеприведенной методике. Тогда долю j-го типа товара в общем объеме предложения можно посчитать по следующей формуле:

$$\delta_j = p_j \Big/ \sum_{j=1}^{k} p_j \qquad (6)$$

Для рассматриваемого примера с продажей обуви различных размеров, по формуле (6) можно рассчитать доли обуви каждого размера в общем объеме товарного предложения.

Теперь получим численные значения для нашей задачи, используя первый подход. Пусть эксперты определили плотности нечеткой меры локального соответствия в следующем виде: $\phi_\eta(1) = 0,64$; $\phi_\eta(2) = 0,58$; $\phi_\eta(3) = 0,4$; $\phi_\mu(1) = 0,3$; $\phi_\mu(2) = 0,6$; $\phi_\mu(3) = 0,2$.

Тогда для товара с характеристиками $q = (q^1 = 4; q^2 = 3; q^3 = 5)$ с учетом параметра свертки $\alpha = 0,5$ мы получаем соответствие $S = 0,5 \cdot 0,49 + (1 - 0,5) \cdot 0,87 = 0,68$. А максимально возможное значение $S = 0,5 \cdot 0,62 + 0,5 \cdot 0,86 = 0,74$ получается для товара со следующими параметрами: $q = (q^1 = 3; q^2 = 3; q^3 = 6)$.

Следовательно, оптимальное предложением продавца на рынке должно быть со строго заданными параметрами цены ($q^1 = 3$) и размера ($q^2 = 3$), если использовать подход на основе подсчета соответствия по набору характеристик предлагаемых и запрашиваемых товаров.

4. Сравнение подходов

На основе полученных результатов теперь можно провести сравнение между двумя исследуемыми подходами.

Для подхода, основанного на компромиссе между покупательским спросом и желаниями продавца, достоинствами являются:

– Возможность регулировать параметры свертки;

– Определение оптимального предложения с учетом выгодности сделки для продавца.

Также были выявлены следующие недостатки:

– Поиск только одного, лучшего типа однородного товара, т.е. нет возможности определения совокупности товаров;

– Трудоемкость вычислений, так как в рассмотрение включаются все возможные товары.

Для улучшения первого подхода можно рассматривать введение следующего ограничения: вероятность соответствия покупательскому спросу должна быть не меньше 70% от максимально возможной вероятности совершения сделки. Тогда предложение продавца будет более адекватно покупательскому спросу.

Второй подход, нацеленный на соответствие спросу, обладает следующими преимуществами:

– Простота использования без оптимизации;

– Применение целесообразно для конкретных групп товаров;

– Определение при использовании подхода некоторой области не худших решений.

Если рассматривать недостатки второго подхода, следует отметить:

– Пересечение обобщенного спроса и ФСО не взвешенное;
– Пожелания продавца учитываются в неполной степени.

Заключение

В рамках данной статьи были проанализированы два подхода, основанные на вычислении максимума соответствия по набору характеристик предлагаемых и ожидаемых товаров. Данные подходы полезнее на практике, чем динамическое ценообразование, так как не полагаются на параметры, определяемые эвристически.

На примере конкретного вида ЭТП с технологией маркетплейс была проведена численная апробация решения задачи поиска паросочетаний, что является вкладом для дальнейшего исследования социально-экономических систем.

Список литературы

1. Айзерман, М. А. Выбор вариантов: основы теории / М. А. Айзерман, Ф. Т. Алескеров – М.: Наука, 1990. – 240 с.

2. Kellerer, H. Knapsack Problems / H. Kellerer, U. Pferschy, D. Pisinger – Springer Verlag, 2005. – ISBN: 3-540-40286-1.

3. Complexity and Approximation: Combinatorial Optimization Problems and Their Approximability Properties / Giorgio Ausiello [et al.] – Springer, 2003. – ISBN: 978-3-642-63581-6.

4. Brynjolfsson, E. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies / E. Brynjolfsson, A. McAfee – WW Norton & Company, 2014.

5. Amin, S. H. An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach / S. H. Amin, G. Zhang // Expert Systems with Applications. – 2012. – Т. 39. – № 8. – С. 6782-6791.

6. Mendoza, A. Analytical models for supplier selection and order quantity allocation / A. Mendoza, J. A. Ventura // Applied Mathematical Modelling. – 2012. – Т. 36. – № 8. – С. 3826-3835.

7. Дементьев, В. Е. Сравнительный анализ стратегий динамического ценообразования на рынках сетевых благ в случаях монополии и предконкурентного стратегического альянса / В. Е. Дементьев, Е. В. Устюжанина // Экономика и математические методы. – 2019. – Т. 55. – № 1. – С. 16-31.

8. Roth, A. E. The Origins, History, and Design of the Resident Match / A. E. Roth // Journal of American Medical Association. – 2003. – № 289. – С. 909-912.

9. Roth, A. E. Truncation Strategies in Matching Markets – In Search of Advice for Participants / A. E. Roth, U. G. Rothblum // Econometrica. – 1999. – Т. 67. – С. 21-43.

10. Матвеев, М. Г. Анализ взаимодействия в системе продавец-покупатель на основе числовой меры парного соответствия / М. Г. Матвеев // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2019. – № 3. – С. 94-103.

11. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин [и др.]; Под ред. Д. А. Поспелова. – М.: Наука, 1986.

12. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. Пер. с англ. / Под ред. Р. Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

Секция 6
Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска

An approach to visual thesaurus exploration: a case study for Russian language

S. I. Protasov, email: s.protasov@innopolis.ru

Innopolis University

Аннотация. *Big problem visualization at a single plot can be considered as a handy tool for making managerial decisions. Thesaurus can be used to represent important properties of a large text corpus. In this work I propose fully automatic method of visualizing text dataset thesaurus on a plain graph which can be used for domain exploration. Resulting visualization shows quality semantic clusters and it is very useful for identifying items and clusters underrepresented in the dataset.*

Ключевые слова: *knowledge representation, visualization, dimensionality reduction, natural language processing*

Introduction

Making a management decision often requires having a top view on a problem to see it as a whole. Complex problems may include multiple components with no simple and obvious visual form; thus, visualization can become a difficult task itself. For example, topographic objects can be easily represented as dots and lines on a map, physical experiments can be visualized with a histogram, computer networks can be plotted as a graph. On the other hand, collection of images, texts of audio files cannot be easily mapped on a single image. For a single object it is very important to have a universal low-dimensional representation of essential features; multimedia data does not have such default representation.

Another important thing that one needs to consider while visualizing big datasets, is that frequently not all information for decision making is contained within the dataset. For example, “far” and “close” relations will depend on the context you put the data in: whether this is a map of a city or world map. Another example is putting data on a height map. Even if two items have very close coordinates in a dataset, one can be located in a basement while the other is on the 100th floor of a skyscraper.

In this work I target both abovementioned problems applied to a big *thesaurus* visualization. Here I understand thesaurus as a vocabulary of the most representative words in a corpus. Main work contribution is an approach to prepare a thesaurus for a big text collection and visualize it in an arbitrary context for the task of exploration.

© Protasov S. I., 2021

The work is organized as follows. In the *Related works* section I overview existing thesaurus visualization approaches and methods I use for my solution. In the *Methodology* section I construct the whole visualization pipeline. *Results* and *Discussion* sections are devoted to results, problems, and observations. In the Conclusion part I summarize results of the work.

1. Related works

In this section I will discuss two major directions. Firstly, I will cover existing approaches to low-dimensional visualization of high-dimensional data. Secondly, I will overview approaches important specifically for natural language thesaurus visualization.

To visualize any high-dimensional data one will need to introduce a method which extracts essential information about the data items of the dataset as 2 or 3-dimensional vectors. There exist multiple methods to obtain low-dimensional approximation. Ones will try to find general tendencies in the data, highlighting outliers, but as these methods are robust to small deviations, they can fail to correctly project item minorities. Still, robustness of such methods allows to prepare static embedding models which will be actual even if dataset insignificantly changes with time. Such methods are well-studied and include, for example, principal component analysis [3] which tries to minimize global variance loss for the dataset, random projections [11] which targets to preserve Euclidean distances in a new low-dimensional metric space and pivot-mapping technique [12] which is used in data indexing and tends to provide false-positive similarities. Other methods pay more attention to local clusters of items and can be used to highlight closeness of items belonging to the same cluster but will fail to correctly project large distances. Among them are elastic maps [1], self-organizing maps [2] and t-SNE [4] widely used in practice, as in [7] for visualizing medical reports. All these methods are often used in clustering pipelines as they preserve dense clusters. Thus, I will suggest using global methods for overview tasks and local methods for exploration.

Thesaurus visualization assumes that extracted collection of terms (words or phrases) from a text corpus is then firstly represented in numerical form. For numerical representation or terms collection there are two basic approaches: graph-based and vector-based. The most well-known graph-based model is WordNet [13] project, which provides a powerful tool to explore different word relations. Major weakness of this and similar models is that it must be maintained. On the other hand, vector-based methods exploit distributional hypothesis [14] which allows to obtain latent space embeddings for words, sentences, and texts in an unsupervised manner. This idea survives since latent semantic analysis [15], it got a significant boost in application with word2vec models [9] and today it is exploiting attention

mechanism [8] to build human-level conversation, translation, question-answering and other natural language processing solutions. Big variety of embedding models gives a researcher or an engineer a wide choice or features including speed, accuracy, memory consumption, robustness, and their combinations. For example, word2vec [9] and GloVe [6] models are extremely fast and compact, BERT [8] and fastText [10] solve the problem of typos and out-of-vocabulary tokens, pretrained compact word embeddings like those in Navec (github.com/natasha/navec), RusVectores (rusvectores.org/ru/models) allow constant-time inference. All these models and methods either build a high-dimensional representation for a dataset from scratch or allows to reuse models trained for similar domains.

It is important to mention that a context also can be a problem for thesaurus visualization. Any special text corpus always has biased distributions in a language model. Both global and local low-dimensional approximators are very sensitive to context change, thus one should have a clear understanding of a context to use as a "background". One of the most universal sources of rich lexicon is Wikipedia dumps. One can use the whole corpus, while in my work I utilize page titles of the main namespace to represent scientific background. Other good lexicon sources are the national language corpora as the Corpus of Contemporary American English (COCA) [15] or National Corpus of Russian Language (NCRL) [5].

2. Methodology

In this work I propose a full pipeline of extracting, preparing and visualizing thesaurus. I must note that in my experiments I used a private dataset of popular science texts in Russian, but one can easily replace it with a similar popular science text collection (e.g. *nts-lib.ru* or similar) to reproduce results.

Thesaurus extraction. In this phase I suggest ensuring which characteristics you consider the most important for representative words. In this work I tried two extraction techniques. One technique is based on named entity recognition (NER) methods from libraries like Natasha (github.com/natasha) and SpaCy (spacy.io). This method builds a quality thesaurus of names, organizations, and locations. Unfortunately, these words usually fall out of vocabulary, thus embedding quality for them can be very low. Another thesaurus extraction approach is to use language models to find discrepancies between dataset word distributions and distributions in some reference corpus. I used unigram distribution models of a dataset and NCRL model obtained from official website. For discrepancy detection I used Kullback-Leibler divergence formula for a single summand:

$$D(term) = P_{dataset}(term) * \log\left(\frac{P_{NCRL}(term)}{P_{dataset}(term)}\right).$$

To be accepted as a part of thesaurus, the term should satisfy empirically chosen thresholds. In my experiments these are $P_{NCRL}(term) > 0.005$ and $D(term) < -0.015$. Selected words are then merged with the result of NER.

Thesaurus exploration task assumes that we are not only interested in what is present in the data, but also what is missing. Thus, there should be a background context dataset which can be compared with a contour map for data visualization. In my experiments I used page titles of the Russian Wikipedia main namespace.

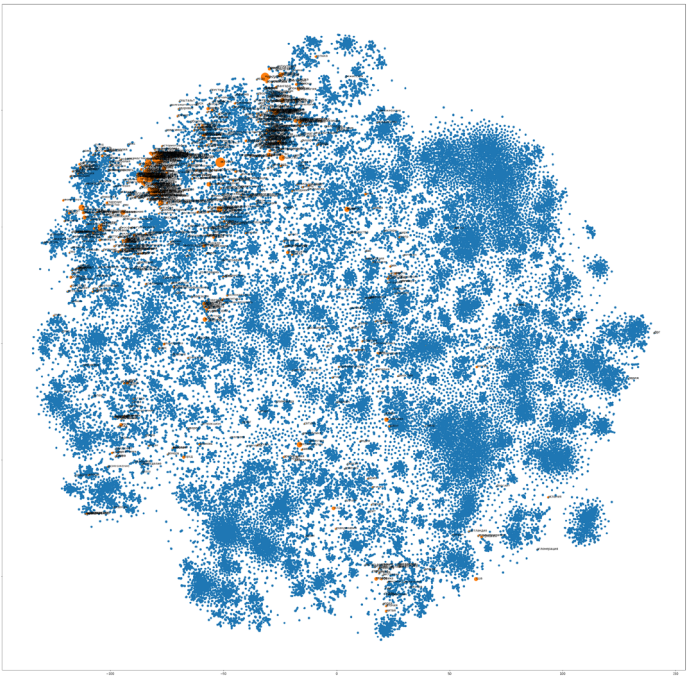


Fig. 1. t-SNE mapped dataset thesaurus (orange) visualization on a background of 70000 Russian Wikipedia titles (blue)

Vector representation. Next stage is obtaining vector representation for thesaurus and background words. In my experiments I used GloVe embeddings from Navec project and fastText embeddings from RusVectores precomputed for a large lexicon of Russian language. Deeper networks can

be used as in [7] if visualization focus falls more on semantics and syntax, rather than particular words. The choice of pretrained models is essential in my case, as for chosen context corpus has 70000 known words, thus inference time can be very big.

2D mapping. After obtaining vectors for both context (Wikipedia) and a dataset, I merge them to create a common term collection. For this collection I run dimensionality reduction procedure. As it was mentioned in the *Related works* section, local methods like t-SNE tend to preserve dense clusters. This is a highly important feature, as the exploration task can include both identifying missing terms in semantic clusters and underrepresented clusters. Thus, I used t-SNE algorithms with perplexity value equals 40 and 3000 iterations.

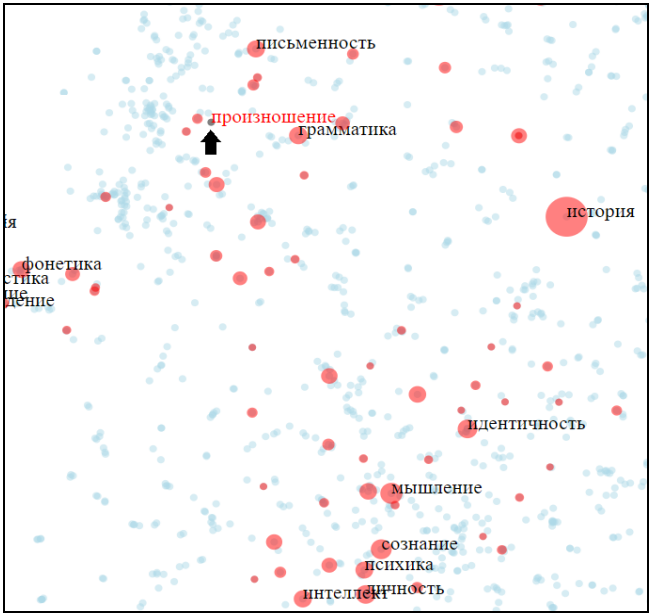


Fig. 2. Sample of the generated SVG map with the highlighted term “произношение” on mouse hover

Visualization. Last step in visualization is to prepare a compact, portable, and server-independent solution. There are few things that are important to consider while building and image. Firstly, representing words without labels is useless, while displaying all 70000 labels will overload visualization; thus, I print out only words with the highest frequency in a

dataset and show other labels on hover. Secondly, if there is a term frequency information, it can be encoded with marker area. To fulfill these requirements, I chose to generate an HTML file with SVG image included. Markers are *<circle>* tags, and *:hover* CSS pseudoclass is used to display annotation on hover over the marker. Background markers are blue and of the same size. Dataset marker area size is chosen with respect to the frequency in a dataset. Such configuration allows to build a relatively small (15 MB) HTML file which works without javascript support in all major browsers even on smartphones.

Resulting map overview is presented at fig. 1. Sample part of the map is shown at fig. 2.

3. Results

Whole processing visualization was done on a 2-core Intel Core i5 CPU. The most time-consuming stages are thesaurus extraction with a language model and t-SNE algorithm. First took 7 CPU hours to obtain lemmatized tokens from 96 MB of UTF-8 text with pymystem library. Second converges in half an hour for 70000 items represented with 300-dimensional vectors. Other stages are relatively short, rendering of HTML file takes up to 5 minutes, displaying prepared HTML document is fast in Mozilla Firefox and can take up to 2 minutes in Chrome. Loaded document occupies near 500 MB of RAM in Mozilla Firefox browser.

4. Discussion

Provided method gives a good starting point to overview the domain of some text dataset. Firstly, as it can be seen in figure 1, t-SNE method prepares quality semantic clusters, which can be easily labelled. I was able to identify “war”, “Formula 1 racers”, “name of sciences” clusters and so on. Secondly, visualization indeed helps to find poorly covered clusters, missing topics in densely covered clusters, which can be directly used for making management decisions.

The method can be criticized for the fact, that there is no clear pattern of similarity. Some clusters are formed by the common topics (e.g. war), others consist of surnames (e.g. “F1 racers” or “chess players”), some are glued by both semantics and grammar (e.g. “names of sciences” or “names of drugs”). Thus, even if there is a clear pattern inside the cluster, it changes as soon as you cross its border. Global methods like PCA can provide a common pattern for the whole dataset, but they are worse in visualizing dedicated clusters.

One more observation is that some Wikipedia page names are irrelevant for thesaurus context. In the resulting map I was able to find sparse regions with German surnames of just “first names” areas. These titles can be filtered out on a preprocessing stage.

Conclusion

In this paper I showed an approach to visualizing an arbitrary dataset thesaurus using a context of a big lexicon (Wikipedia). Proposed method is fully automatic and generates a visualization for 96 MB dataset in Russian in 7 hours. Resulting plot is saved as an HTML file and can be opened in all major browsers, including smartphones. Resulting visualization shows quality semantic clusters and it is very useful for identifying gaps of small (single term) and large (unconsidered clusters) size.

Proposed method has some disadvantages, related to the fact that similarity within clusters has different nature. This issue can be addressed with replacing the t-SNE method with a global dimensionality reduction approach like PCA.

In general, I was able to propose a handy portable interactive visualization, which can be used to make management decisions related to content of the dataset.

Bibliography

1. A. N. Gorban A. N., Zinovyev A.Y. Principal Graphs and Manifolds //Handbook of Research on Machine Learning Applications and Trends: Algorithms, Methods, and Techniques: Algorithms, Methods, and Techniques. – IGI Global, 2009.
2. Kohonen T. Self-organized formation of topologically correct feature maps //Biological cybernetics. – 1982. – Т. 43. – №. 1. – С. 59-69.
3. Pearson K. LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space //The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. – 1901. – Т. 2. – №. 11. – С. 559-572.
4. Hinton G. E., Roweis S. Stochastic neighbor embedding //Advances in neural information processing systems. – 2002. – Т. 15. – С. 857-864.
5. Апресян Ю. Д. и др. Синтаксически и семантически аннотированный корпус русского языка: современное состояние и перспективы //Национальный корпус русского языка. – 2003. – Т. 2005. – С. 193-214.
6. Pennington J., Socher R., Manning C. D. Glove: Global vectors for word representation //Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP). – 2014. – С. 1532-1543.
7. Kivotova E. et al. Extracting clinical information from chest x-ray reports: A case study for Russian language //2020 International Conference Nonlinearity, Information and Robotics (NIR). – IEEE, 2020. – С. 1-6.
8. Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – С. 5998-6008.

9. Mikolov T. et al. Efficient estimation of word representations in vector space //arXiv preprint arXiv:1301.3781. – 2013.

10. Bojanowski P. et al. Enriching word vectors with subword information //Transactions of the Association for Computational Linguistics. – 2017. – Т. 5. – С. 135-146.

11. Yang K. et al. Distributed Similarity Queries in Metric Spaces //Data Science and Engineering. – 2019. – Т. 4. – №. 2. – С. 93-108.

12. Bingham E., Mannila H. Random projection in dimensionality reduction: applications to image and text data //Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. – 2001. – С. 245-250.

13. Miller G. A. et al. Introduction to WordNet: An on-line lexical database //International journal of lexicography. – 1990. – Т. 3. – №. 4. – С. 235-244.

14. Harris Z. S. Distributional structure //Word. – 1954. – Т. 10. – № 2-3. – С. 146-162.

15. Deerwester S. et al. Improving information-retrieval with latent semantic indexing //Proceedings of the ASIS annual meeting. – 143 OLD MARLTON PIKE, MEDFORD, NJ 08055-8750 : INFORMATION TODAY INC, 1988. – Т. 25. – С. 36-40.

16. Davies M.. The Corpus of Contemporary American English (COCA) [Available online] : 2002. – https://www.english-corpora.org/coca/

Исследование алгоритмов анализа и генерации технической документации

А. А. Андрюкеева, E-mail: andryukeeva@yandex.ru

Московский авиационный институт

Аннотация. *Работа посвящена исследованию алгоритмов обработки технической документации. В ходе работы были проанализированы существующие инструменты работы с документацией, разработан алгоритм валидации терминологии.*

Ключевые слова: *техническая документация, анализ текста, валидация документации, генерация документов, информационная система.*

Введение

В настоящее время работа с технической документацией стала неотъемлемой частью практически любого процесса создания товаров и предоставления услуг. От того, насколько качественно она составлена, зависит эффективность создания продукта и его использование. Техническая документация необходима на производственных предприятиях, при разработке программного обеспечения, при исполнении государственного задания и т. д.

Среди множества существующих проблем подготовки документации наиболее распространенными являются проверка соответствия структуры документации принятым стандартам, требованиям описываемого процесса или предмета, составление многочисленных однотипных документов, выявление сути документа, оперирование большим количеством сокращений и др.

Более узкой является проблема нарушения терминологии в тексте. Часто, в силу невнимательности автора или по незнанию, терминологическая целостность документа может быть нарушена. Например, в дипломной работе студент в введении может заявить, что создает информационную систему, а в заключении говорить о созданном интерфейсе.

Многие из указанных проблем могут решаться автоматически, тем самым существенно сократив трудозатраты разработки и обеспечив возможность больше времени уделить содержательной составляющей документов.

© Андрюкеева А. А., 2021

Для решения этих проблем была создана информационная система, которая позволяет анализировать документ на наличие типичных ошибок и осуществлять валидацию по заданным шаблонам. Система может применяться для создания шаблонов различных видов документов, анализа содержания документа, валидации структуры документа, валидации документа на соответствие шаблону.

Была поставлена задача расширить возможности созданной системы, за счет валидации стилей и шрифтов на соответствие заданным в шаблоне, детализации ошибок в отчете, обработку подразделов, генерации документов.

Для создания более гибкой системы так же необходимо реализовать редактор шаблонов, позволяющий пользователю задавать собственные настройки документа для валидации.

Не менее важной задачей является исследование алгоритма валидации терминологии, который решает задачу устранения противоречия, применяемых в тексте документа, терминов.

1. Проверка шрифтов документа

В документации важно, чтобы текст был оформлен в определенном стиле, единообразие должно распространятся на весь документ, тогда его чтение и верстка значительно упростится. Для этого применяются настройки шрифта, такие как выравнивание, отступы, межстрочный интервал, размер шрифта, его цвет и т. д. Кроме того, часто эти настройки жестко задаются в требованиях к документу.

Для решения задачи проверки параметров шрифтов был применен API Spire.Doc для Java от компании E-ICEBLUE [1]. Spire.Doc предназначен для программной обработки и создания документов Word без использования Microsoft Office.

В системе с использованием инструмента Spire.Doc реализован класс FontValidator, предназначенный для проверки шрифтов. Методы класса можно разделить на две группы: проверяющие стили абзаца и шрифт текста.

Метод validateParagraphStyle осуществляет проверку у абзаца межстрочного интервала, отступа первой строки и выравнивания. Метод возвращает результат проверки в виде списка элементов “правило, true/false”.

Метод validateTextStyle проверяет шрифт той части текста, которая имеет одинаковый стиль. Проверяется жирность, курсив, имя шрифта, его размер и цвет, а также регистр. Как и в методе проверяющем абзац возвращается отчет о проверке в виде списка.

Отчеты, возвращающиеся в методах проверки, дают возможность полноценно описать допущенные в документе ошибки. Для удобства

отслеживания полученных результатов проверок предложено отражать несоответствия в документе Word при помощи примечаний, выделяя текст, с допущенной ошибкой, и приписывая к нему расшифровку. Таким образом ошибки хорошо видно, и при этом текст документа не засоряется.

2. Редактор шаблонов и генератор документов

Шаблон документа представляет собой файл в формате XSD [2]. В системе с помощью специальных методов из входящего документа формируется шаблон, который сопоставляется с имеющимся. Например, по заготовленному шаблону «Технического задания» [3], пользователь может проверить свой документ, из которого генерируется файл XML, описывающий структуру: с заголовками, подразделами, содержимым разделов.

В готовых шаблонах описывается структура документа и правила проверки. Так как невозможно описать заранее все типы документов, которые пригодились бы пользователям для проверки, предлагается реализовать редактор шаблонов, где можно было бы задавать пользовательские параметры документа.

Для решения проблемы составления многочисленных однотипных документов предлагается реализация генератора документов, при помощи которого на основе стандартного или пользовательского шаблона будет создаваться документ Word. Работа с таким документом сильно упрощается, так как он уже имеет необходимую структуру и настройки шрифтов, и позволяет сконцентрироваться только над содержимым.

3. Алгоритм валидации терминологии

Так как единообразие текста документа должно распространяться не только на его оформление, но и на содержимое, необходимо проверять последовательность его изложения. Если автор неправильно использовал терминологию в своей работе, его необходимо предупредить об этом.

Для решения этой задачи предлагается следующий алгоритм:

– Поиск ключевых слов.

– Выделение окрестностей ключевых слов.

– Проверка того, что в центре одинаковых окрестностей находятся одинаковые слова, являющиеся ключевыми.

Например, для работы, посвященной информационной системе из примера выше, во введении будет найдено следующее ключевое слово: «система».

Выделение окрестности ключевого слова требует нормализации, то есть необходимо исключить предлоги, союзы, частицы. После нормализации окрестность состоит из двух слов до ключевого и двух после: "разработка информационной системы (для) обучения автомобилистов".

Найденные пары слов необходимо найти в тексте и проверить на то, что между ними одно слово и его значение – "система", а не "интерфейс" или что-то еще. При отрицательном результате проверки употребления термина выводится найденная ошибка и отражается в примечаниях.

Автоматизация этого процесса позволит значительно сэкономить время на проверке документа и исключить человеческий фактор при проверке текста документа.

Заключение

Для решения более широкого спектра проблем обработки документации расширяются возможности созданной ранее системы для работы с технической документацией.

Реализованы методы проверки стилей абзацев и шрифтов текста с использованием инструментов Spire.Doc. Предложено решение проблемы детализации ошибок в документе Word при помощи примечаний, выделяя текст, с допущенной ошибкой, и приписывая к нему расшифровку.

Разработан проект редактора шаблонов для настроек пользовательских параметров и генератора документов, решающий проблему составления множества однотипных документов. Предложен алгоритм валидации терминологии, который решает задачу устранения противоречий применяемой терминологии.

Новая функциональность в разрабатываемой и развиваемой системе автоматического анализа технической документации позволит сократить время на подготовку документов техническими писателями и другими специалистами, а также повысить качество разрабатываемой документации.

Список литературы

1. Spire.Doc [Электронный ресурс] : API. – Дата обращения: 09.10.2020 –Режим доступа: https://www.e-iceblue.com/Introduce/doc-for-java.html#.X9dYJ9gzbIU

2. XML schema [Электронный ресурс] : учебник. – Дата обращения : 15.10.2020 – Режим доступа : https://www.w3.org/TR/xmlschema-0

3. ГОСТ 3.1105-2011. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения [Электронный ресурс] : – Введ. 2012-01-01. – Дата обращения: 20.10.2020 – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200086391

Исследование подходов и разработка системы контроля качества выполнения физических упражнений

А. В. Большева, email: ann.bolsheva@gmail.com
Е. В. Полицына, email: kathrin.beaver@mail.ru

ФГБОУ ВО «Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет)»

Аннотация. *Проведено исследование подходов и определён алгоритм решения задачи контроля качества выполнения физических упражнений. Спроектирована архитектура системы контроля физических упражнений на основе инерциальных модулей. Описано взаимодействие компонентов системы в целом и работа каждого из них.*

Ключевые слова: *инерциальные измерительные модули, датчики, подходы, архитектура, алгоритм, выполнение физических упражнений.*

Введение

Физические тренировки являются неотъемлемым условием обеспечения здоровья и привлекательного внешнего вида человека. Однако, неверное выполнение упражнений не только не приносит ожидаемой пользы, но и оказывает негативное влияние на организм и приводит к травмам. В связи с этим являются полезными специальные устройства, способные оценить качество выполнения физических упражнений и выдать рекомендации по их корректировке в случае необходимости. Но несмотря на ряд преимуществ данных устройств они не решают полностью проблему контроля качества выполнения упражнений и не являются заменой профессионального тренера. Тогда как во время занятий с тренером использование данных устройств помогает в отслеживании численных данных и сбору статистики количества и качества сделанных упражнений.

Несмотря на наличие ряда устройств для оценки качества выполнения различных упражнений существует как проблема недостаточно точного измерения и контроля правильности выполнения физических упражнений, так проблема использования одного устройства для различных упражнений.

© Большева А. В., Полицына Е. В., 2021

1. Подходы к решению задачи контроля качества выполнения физических упражнений

В различных исследованиях, например, в патентной заявке «Метод и система мониторинга упражнений» [1] используются портативные и стационарные сенсоры, обеспечивается распознавание упражнения и обратная связь пользователю. В опубликованном патенте «Сенсорная система управления тренировкой» [2] несколькими сенсорами осуществляется сбор данных и их интерпретация. В патенте [3] была разработана система на основе камеры и инерциального измерительного модуля, навигационные данные отслеживают характеристики и обеспечивается обратная связь.

В большинстве статей о подобных исследованиях предлагается решение проблемы контроля физических упражнений только в отношении какого-то их класса. Например, в статье «GymCam: одновременное обнаружение, распознавание и отслеживание упражнений в неограниченных сценах» проводится идентификация нескольких людей в зале по количеству и характеру выполнения упражнений всего одной камерой [4]. В статье «Технология в S&C: отслеживание упражнений нижних конечностей с помощью носимых датчиков» предложено использовать 5 устройств, инерциальных измерительных модулей (IMU), расположенных на поясничном отделе позвоночника, бедрах и голенях [5]. В статье «Обработка данных совместного отслеживания с помощью датчиков Kinect с использованием регрессии кластерного гауссова процесса» описано одно из подобных исследований. В нём на территории лаборатории одновременно использовались объединённая система захвата движения в виде 14 камер и сенсор «Kinect V2». Собирались данные по физической активности людей и представлялись в виде метода регрессии Гаусса [6]. В статье «Оценка реабилитационных упражнений с использованием инерционных датчиков: перекрестное аналитическое исследование» [7] инерциальные датчики использовались в реабилитации пациентов дома, при выполнении упражнений в домашних условиях. Три блока инерционных датчиков прикреплялись к бедру, голени и ступне используемой ноги. Были применены методы классификации машинного обучения. В статье «Отслеживание упражнений для свободного веса» [8] используется перчатка, которая распознает тип упражнения и количество повторений.

Очень часто используется единичный инерциальный измерительный модуль, расположенный в одной части тела. Например, при оценивании выполнения приседаний [9]. В статье «Носимая на основе датчика система биологической обратной связи: смешанные

методы оценки Formulift» [10] разработано мобильное приложение «Formulift», связанное с единственным IMU, надетым на левое бедро. Анализируется классификация техники упражнения, количество повторов, обеспечивается обратная связь и руководство пользователям. В статье «Распознавание и подсчет повторений для сложных физических упражнений с глубоким обучением» [11] использовался единичный датчик на запястье и нейронная сеть, распознающая тип выполняемого упражнения и кол-во повторений.

В статье «К качественной оценке упражнений по поднятию тяжестей с использованием датчиков, носимых на теле» [12] датчики, расположенные на теле, взаимодействуют с тяжелым весом. На основе математической модели правильной техники и данных, записанных с различных частей тела, проводится оценка производительности пользователя и формулируются предложения по улучшению. В статье «SensX: об ощущении и оценке сложных движений человека» [13] проводится оценка движений человека, а также мониторинг, запись и анализ комплекса многомерных цепей движений. Использовались мобильные устройства, в том числе и в качестве датчиков. В дополнение к этому, также использовались дешевые датчики движения «MBIENTLAB Meta Wear CPRO» в количестве 4 штук. Два из них крепятся на запястья, два – к ногам внизу.

В ряде экспериментов по отслеживанию и контролю физических упражнений были использованы мобильное устройство и два датчика, расположенных на перчатке и бедре или торсе. Часто для тренировок применяется только фитнес-браслет. Подобными коммерческими продуктами, использующими инерциальные измерительные модули, являются «Fitbits» [14] и «Jawbones» [15]. Большим их недостатком является то, что они не позволяют максимально точно отследить все показатели выполняемого упражнения.

Проведенный анализ показал, что не существует единого решения задачи отслеживания правильности выполнения упражнений, все существующие технические средства ориентированы на отдельные действия и имеют разные аппаратные способы реализации, многие из которых являются достаточно громоздкими для массового использования. Использование IMU позволяет получать более точные результаты, чем использование камеры или не нательного сенсора.

2. Архитектура системы контроля качества выполнения физических упражнений

Для обеспечения максимальной компактности новой системы контроля качества выполнения физических упражнений выбран подход с использованием IMU, как позволяющий получать наиболее точные

данные. Кроме того, это также позволяет анализировать не только упражнения локального характера, какие проще регулировать с помощью датчиков, внедренных в тренажеры или свободные веса, но и более сложные упражнения. Особенно, если разместить датчики в нескольких частях тела.

Разработка системы контроля качества выполнения физических упражнений проводится с использованием аппаратных средств Arduino и соответствующей среды разработки Arduino IDE. Вначале работа со скетчами, их загрузкой проводилась на платах Arduino Nano CH340/ATmega328P и GY-85 BMP085. Впоследствии выяснилось, что плата Arduino Nano 33 Sense BLE имеет все необходимые датчики без необходимости дополнительного подключения сенсоров, в том числе включает в себя возможность соединения с сервером по беспроводному каналу, а также акселерометр и гироскоп.

Для разрабатываемой системы выбрана клиент-серверная архитектура. В ней система взаимодействует с серверной частью, размещенной на компьютере. Предложенная архитектура разрабатываемой системы состоит из клиента на основе следующих компонентов: встраиваемого вычислительного устройства Arduino; специализированных датчиков с девятью осями свободы, модуля радиосвязи и серверной части, расположенной на компьютере под управлением операционной системы Windows.

Данные, получаемые с датчиков, передаются на сервер, где осуществляется их анализ. На выходе работы датчика получаемые данные представлены в виде координат X, Y, Z (Рис. 1). Координаты считываются встроенными в IMU датчиками акселерометра и гироскопа. Акселерометр измеряет проекции ускорения по осям. Гироскоп реагирует на изменение углов ориентации датчика. Изменения ориентации конечности в пространстве отображены на рис. 1 и рис. 2.

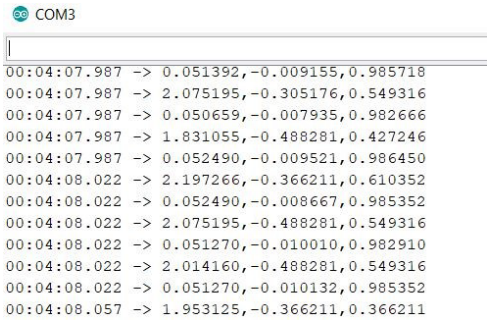


Рис. 1. Получаемые с датчиков данные

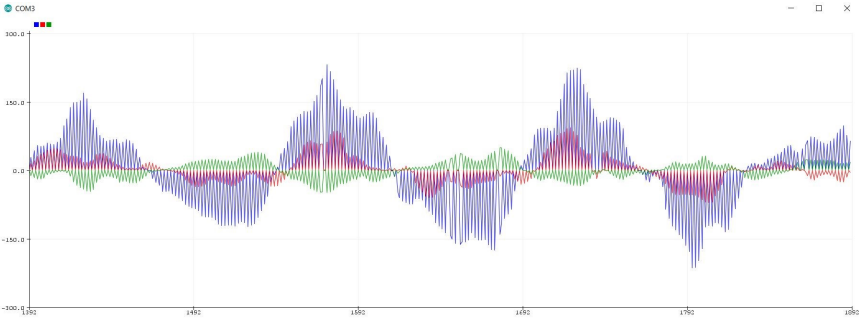


Рис. 2. Данные в последовательном плоттере скетча

В скетче Arduino была реализована функция, объединяющая возможности считывания данных с гироскопа и акселерометра. Для взаимодействия датчиков с сервером устанавливается соединение по энергосберегающему протоколу Bluetooth Low Energy (BLE).

Серверная часть реализована на Python, скрипт взаимодействия с клиентским устройством реализован с использованием Python-библиотеки «Bleak». Обработчик уведомлений добавляет считываемые данные в массив. Пример данных, определяющих наклон IMU, которые передаются на сервер, показаны на рис 3.

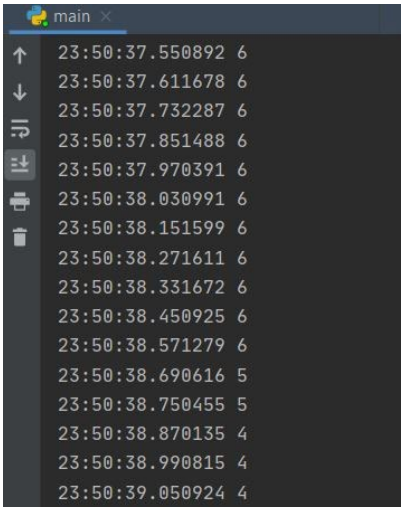


Рис. 3. Передаваемые на сервер данные

В системе предусмотрены два режима работы: запись эталонного выполнения при добавлении нового упражнения или корректировки существующего и анализ качества выполнения выбранного упражнения.

3. Алгоритм решения задачи контроля качества выполнения физических упражнений

Задача контроля качества выполнения физических упражнений решается с использованием машинного обучения. Алгоритм решения задачи включает следующие этапы:

1. Проводится запись эталонных данных упражнений, фиксируется правильное и неправильное выполнение упражнений.

2. На основе полученных массивов данных с помощью инструментов машинного обучения строятся модели упражнений на основе решения задачи классификации (правильное или неправильное выполнение).

В перспективе возможно расширение функциональности системы путем добавления моделей упражнений, выполненных с типичными ошибками для обеспечения возможности предоставления пользователю более развернутой обратной связи для дальнейшей корректировки выполнения упражнения.

Заключение

Проведенное исследование подходов к решению задачи контроля качества выполнения физических упражнений показало большую актуальность задачи и необходимость разработки компактного устройства с поддержкой возможности самостоятельного добавления необходимых упражнений и контроля качества их выполнения.

Разрабатываемая система даст возможность занимающемуся иметь возможность оперативного получения информации о качестве выполнения упражнения. Это позволит повысить эффективность тренировок при отсутствии контроля со стороны тренера, снизить риск получения различных травм. Кроме того, система контроля качества выполнения физических упражнений является полезным вспомогательным инструментом для сбора статистики и отслеживания правильности выполнения упражнений занимающимися для тренеров. Ее использование упростит сбор данных для анализа прогресса спортсменов и позволит точнее составлять план тренировок и оперативно корректировать его для улучшения результатов.

Список литературы

1. Kord A. Exercise monitoring system and method. Patent Application Publication [Электронный ресурс]. US, 2009. Patent US. No.

2009/0312152 A1. – 10 p. – Режим доступа: https://patentimages.storage.googleapis.com/65/44/94/747e2cfec44aa6/US20090312152A1.pdf

2. Nelson C.A., Ledet E.H., Devan W.J., Skrzypiec C.G., Kersch J.T., Arnott R.P., Wyler E.C., Morenski K.M., Kutten K. Sensor based exercise control system. Patent Application Publication [Электронный ресурс]. Patent US, 2011. No. US 2011/0269601 A1. – 15 p. – Режим доступа: https://patentimages.storage.googleapis.com/27/6c/82/c293624d724ecf/US20110269601A1.pdf

3. Ma Y., Hawkinson W. J. Camera and inertial measurement unit integration with navigation data feedback for feature tracking [Электронный ресурс]. Patent US, 2014. No. 8,676,498 B2 – 10 p. – Режим доступа: https://patentimages.storage.googleapis.com/e8/55/08/40299eb335750a/US8676498.pdf

4. Khurana R., Ahuja K., Yu Z., Mankoff J., Harrison C., Goel M. GymCam: Detecting, Recognizing and Tracking Simultaneous Exercises in Unconstrained Scenes [Электронный ресурс]. Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol., 2018. V. 2, No. 4, Article 185. – 17 p. – Режим доступа: http://smashlab.io/pdfs/gymcam.pdf

5. O'Reilly M., Ward TE., Whelan D., Delahunt E. Technology in S&C: Tracking Lower Limb Exercises with Wearable Sensors [Электронный ресурс]. The Journal of Strength and Conditioning Research, 2017. V. 31. No. 6. – 35 p. doi: 10.1519/JSC 0000000000001852 – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/314031305_Technology_in_SC_Tracking_Lower_Limb_Exercises_with_Wearable_Sensors

6. Chiang A., Chen Q., Li S., Wang Y., and Fu M. Denoising of Joint Tracking Data by Kinect Sensors Using Clustered Gaussian Process Regression [Электронный ресурс]. Journal of MMHealth, 2017. V. 17. – pp. 19 – 25. doi: 10.1145/3132635.3132642 – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6420306/

7. Giggins OM., Sweeney KT., Caulfield B. Rehabilitation exercise assessment using inertial sensors: a cross-sectional analytical study [Электронный ресурс]. Journal of Neuroeng Rehabil., 2014. V. 11. No. 158. – 10 p. doi: 10.1186/1743-0003-11-158 – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4280766/

8. Chang K.-h., Chen M.Y., Canny J. Tracking Free-Weight Exercises. International Conference on Ubiquitous Computing [Электронный ресурс]. UbiComp 2007: Ubiquitous Computing, 2007. – pp. 19 – 37. – Режим доступа: http://bid.berkeley.edu/files/papers/47170019.PDF.pdf

9. O'Reilly M., Whelan D., Chanialidis C., Friel N., Delahunt E., Ward T., Caulfield B. Evaluating squat performance with a single inertial measurement unit [Электронный ресурс]. IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN), 2015. – 7 p. doi: 10.1109/BSN.2015.7299380 – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/308545760_Evaluating_squat_performance_with_a_single_inertial_measurement_unit

10. O'Reilly M.A., Slevin M., Ward T., Caulfield B.A. Wearable Sensor-Based Exercise Biofeedback System: Mixed Methods Evaluation of Formulift [Электронный ресурс]. JMIR Mhealth Uhealth, 2018. V. 6. No. 1. – 23 p. doi: 10.2196/mhealth.8115 – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5812980/

11. Soro A., Brunner G., Tanner S., Wattenhofer R. Recognition and Repetition Counting for Complex Physical Exercises with Deep Learning [Электронный ресурс]. Journal of Sensors, 2019. V. 19. I. 3. – 22 p. doi:10.3390/s19030714 – Режим доступа: https://www.mdpi.com/1424-8220/19/3/714/htm

12. Velloso E., Bulling A., Gellersen H. Towards qualitative assessment of weight lifting exercises using body-worn sensors [Электронный ресурс]. Proceedings of the 13th international conference on Ubiquitous computing. Beijing: UbiComp, 2011. – pp. 587-588. doi: 10.1145/2030112.2030226 – Режим доступа: https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2030226

13. Ebert A., Kiermeier M., Marouane C., Linnhoff-Popien C. SensX: About Sensing and Assessment of Complex Human Motion [Электронный ресурс]. Proceedings of 14th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC). Calabria, 2017. – 6 p. doi: 10.1109/ICNSC.2017.8000113 – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/1703.02847

14. Official website of «Fitbit» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.fitbit.com/global/us/home

15. Official website of «Jawbone» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.jawbone.com/

Логика: прикладной подход

А. В. Васильев, email: alexandercsvsu@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены потенциальные определения для учебных материалов дисциплин из планов суперкомпьютерного, технического, математического образования. С целью повышения эффективности.*

Ключевые слова: *логика, треугольник Фреге, языковые игры, философия, педагогика.*

Введение

Учебные планы [1-3] различных мест, где проводится суперкомпьютерное, техническое и математическое образование, содержат дисциплины, основанные на логике. Также студенты зачастую осваивают логику именно на первом курсе, а дальнейшее обучение требует соответствующей компетентности. Потому значимы варианты повышения вероятности успешного освоения среди студентов. Их и рассмотрим далее, начиная с самого определения.

1. Логика: определение

По А.Н. Колмогорову, логика в академической среде возникла, когда в результате развития специальных наук и человеческого мышления актуализировался вопрос, как рассуждать, чтобы получить правильные выводы [4, С.10]. То есть логика – как инструмент – уже на стадии появления содержит требования отделять рассуждения, в результате которых получаются правильные выводы, от рассуждений, в результате которых не получаются правильные выводы.

А. Черч так пишет о логике (дословная цитата перевода): «основное внимание обращается на форму в отвлечении от содержания» [5, С.15]. Там же приводится пример рассуждения, где из трех посылок на естественном языке получается правильный результат. И второй, где из трех посылок, содержащих математический язык, тоже получается правильный результат [5, С.16]. Далее показан пример, где «рассуждение неверно». Получается два типа рассуждений – верные и неверные. То есть логика – как инструмент – пригодна для разделения рассуждений на верные и неверные. Если рассматривать рассуждение как формирование результата (в соответствии с приведенным

© Васильев А. В., 2021

примером), тогда логика – инструмент определения отсутствия ошибок в формировании результата. Для краткости «отсутствие ошибок» можно заменить на «корректность». Или другое подходящее слово. Тогда получатся такие потенциальные определения: «логика – инструмент определения корректности формировании результата» и «логика – инструмент определения корректности рассуждений». Но здесь есть важный момент. Слово «правильность», например, не подходит, поскольку у него есть (согласно словарю [6]) дополнительное определение, в соответствии с которым возможно отличное от предполагаемого предствление о логике: «Настоящий; такой, какой нужен; хороший, справедливый». В случае, если у слова «корректность» в сочетании с «формирования» появится неоднозначное определение, вероятно, потребуется искать замену. Также на направлениях, где есть необходимое количество технических дисциплин, возможно и определение лаконичнее: «логика – валидатор рассуждений» или «логика – валидатор формирования результата».

Полученное определение пригодно для направлений, где люди сосредоточены именно на прикладной необходимости. Но возможны и иные случаи (например, где важна академическая ценность), в которых потребуется определение, начинающееся не с слова «инструмент», а с знака «академическая дисциплина». Как пишет Э. Мендельсон, логика – анализ методов рассуждения, причем «интересна в первую очередь» именно форма, а не содержание доводов [7, С.7]. Значимая часть, в соответствии с которой изучаются и «принципы», добавляется у определения Shawn Hedman (дословная цитата): “Logic is the study of the methods and principles used to distinguish correct from incorrect reasoning” [8. С.2]. Тогда получаются такие возможные определения: «логика – академическая дисциплина, на которой изучаются методы и принципы определения отсутствия ошибок в формировании результата»; «логика – академическая дисциплина, на которой изучаются методы и принципы определения корректности формирования результата»; «логика – академическая дисциплина, на которой изучаются методы и принципы определения корректности рассуждений»; «логика – академическая дисциплина, на которой изучаются методы и принципы валидации формирования результата»; «логика – академическая дисциплина, на которой изучаются методы и принципы валидации рассуждений».

2. Корректность и истинность

Возможно и актуализировать логику, например, в контексте рассмотрения популярных массовых произведений, если избежать слова «истинность» в определении логики высказываний и логики предикатов

и кванторов. К тому же так взможно избежать определенной неоднозначности.

Например, А. Тарский как «классическое» выделяет следующее определение: истинное – соответствующее действительности, а как «утилитарное»: истинное – полезное в некотором отношении [9, С.20]. Но также возможно и иное определение «истинного» – вне академических кругов. Например, в лженауке.

Рассмотрим определение высказывания с «истинностью», основанное на учебнике С.В. Борзунова и С.Д. Кургалина, который подходит для прикладного образования [10]. Высказывание – утверждение, у которого есть значение истинности. То есть высказывание или истинно, или ложно [10, С.9]. Здесь можно заменить «истинность» на «корректность», «ошибочность» или другое необходимое слово. Там далее происходит переход к Булевой алгебре, где важно конкретное значение – или 0, или 1 [10, С.219-231].

Но для расширения педагогического арсенала необходима и, возможно, наивная вариация треугольника Фреге.

3. Треугольник Фреге

В соответствии с работой Фреге, знак – любое обозначение, задействованное как имя собственное, значение которого – определенный предмет (в самом широком смысле), но не понятие и не отношение [11, С. 231].

Далее так детализируется концепция Фреге (дословная цитата перевода): «Собственное имя (слово, знак, конфигурация знаков, выражение) выражает свой смысл, означает или обозначает свое значение. Со знаком связан выражаемый им смысл и обозначаемое им значение» [11, С. 233]. Получается так (рис. 1).



Рис. 1. Классический треугольник Фреге

Там же [11, С. 234] на примере показано, что треугольник Фреге не применим для рассмотрения художественных текстов, поскольку возникают проблемы с значением таких слов, как «Одиссей». Именно потому, что наличие в действительности значения знака «Одиссей» сомнительно. Но, если исходить из концепции наподобие «корректность», а не «истинность», возможна вариация треугольника Фреге, пригодная для рассмотрения знаков наподобие «Одиссей» в игровой манере. Можно выделить в мысленном эксперименте некую картину мира, где у знака «Одиссей» точно есть значение. Необходимая потенциально наивная версия треугольника Фреге такова: объект; смысл – способ данности объекта; знак – замена объекта (рис. 1).



Рис. 2. Потенциально наивный треугольник Фреге (версия с объектом)

Здесь также есть некое сходство с подходом Лотмана, согласно которому основной признак знака – способность реализовывать функцию замещения, а также знак – материально выраженная замена предметов, явлений, понятий в процессе обмена информацией в коллективе [12, С. 4]. То есть здесь понятие может рассматриваться в качестве заменяемого.

Возможен и вариант, который выстраивается относительно не объекта, а основного признака знака.



Рис. 3. Потенциально наивный треугольник Фреге (версия с объектом)

Так, например, можно после опроса студентов выстраивать задания под них, исходя из их увлечений. Тем самым актуализировать логику в контексте того, что и так значимо для людей. Допустим, есть объект «Ведьмак», главный герой одноименной компьютерной игры, которая продалась тиражом свыше 20 млн копий и которую положительно оценили люди [13,14]. Тогда можно встроить задание основанное на нем. Например: «Правильно ли рассуждение: у всех мужчин есть половые признаки X; Ведьмак – мужчина; у Ведьмака есть половые признаки X».

Также здесь можно добавить для возможности выстраивания заданий, содержащих такие части, как «Солнце встает», концепцию Витгенштейна – языковые игры – инструмент формирования новых знаков [15]. Соответственно, задания можно расширять следующим образом: «Правильно ли рассуждение: когда солнце встает, Ведьмак уже охотится; солнце встало; Ведьмак уже охотится».

Соответственно, «Ведьмака» при необходимости можно заменять на что-либо другое, в зависимости от предпочтения обучаемых людей.

Заключение

Рассмотрен вариант изменения подхода к образованию в контексте академических дисциплин, где есть необходимость излагать определение логики, а также – как он расширяет потенциальный педагогических арсенал в плане заданий и обладает потенциалом актуализации образования вне учебного заведения.

Список литературы

1. Электронный университет ВГУ. Документы, сопровождающие учебную деятельность [Электронный ресурс]. Дата обращения: 14.01.2021. Доступ по ссылке: https://edu.vsu.ru/mod/data/view.php?d=341&mode=list&perpage=10&search=&sort=0&order=ASC&advanced=0&filter=1&advanced=1&f_1401=%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85+%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA&f_1403=%D0%91%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%80%D0%B8%D0%B0%D1%82&f_1404=&f_1399=&f_1405=&f_1407=&f_1406=&f_1411=&u_fn=&u_ln=
2. ВМК МГУ. Образовательные стандарты и учебные планы [Электронный ресурс]. Дата обращения: 14.01.2021. Доступ по ссылке: https://cs.msu.ru/studies/curricula#hide2
3. Санкт-Петербургский государственный университет. Образование [Электронный ресурс]. Дата обращения: 14.01.2021. Доступ по ссылке: https://spbu.ru/sveden/education
4. Колмогоров А.Н. Математическая логика / А.Н. Колмогоров, А.Г. Драгалин. – 3-е изд. – М.: КомКнига, 2006. – 240 с. (Классический университетский учебник).
5. Черч А. Введение в математическую логику / А. Черч. Пер. с англ. В.С. Чернявского; под ред. В.А. Успенского. – М. : Изд-во иностр. лит., 1960-Т. 1. – 484 с.
6. GUFO.ME. Толковый словарь Кузнецова. правильный [Электронный ресурс]. Дата обращения: 14.01.2021. Доступ по ссылке: https://gufo.me/dict/kuznetsov/%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9
7. Мендельсон Э. Введение в математическую логику / Э. Мендельсон. Пер. с англ. Ф.А. Кабакова; под ред. С.И. Адяна .— М. : Наука : Физматлит, 1971. – 320 с.
8. Hedman Sh. A First Course in Logic / Hedman Sh. – Oxford University Press, 2004. – 431 p.
9. Тарский А. Понятие истины в языках дедуктивных наук / А. Тарский. Пер. с польского В.Л. Васюкова. // Философия и логика Львовско-Варшавской школы», 1999. С. 14-177.
10. Борзунов С. В. Задачи по дискретной математике : учебное пособие / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014 .— 418 с. (Учебник Воронежского государственного университета).

11. Фреге Г. Логика и логическая семантика: сборник трудов / Г. Фреге. Пер. с нем. Б. В. Бирюкова; под ред. З. А. Кузичевой – М. : Аспект-пресс, 2000 .— 512 с.

12. Лотман Ю. М. Семиотика кино и проблемы киноэстетики. / Ю. М. Лотман. – Таллин: Издательство «Ээсти Рамат», 1973. – 92 с.

13. gamesindustry.biz. The Witcher 3 has passed 20m lifetime sales [Электронный ресурс]. Дата обращения: 14.01.2021. Доступ по ссылке: https://www.gamesindustry.biz/articles/2019-06-13-the-witcher-3-has-passed-20m-lifetime-sale

14. Metacritic. Witcher 3 [Электронный ресурс]. Дата обращения: 14.01.2021. Доступ по ссылке: https://www.metacritic.com/game/pc/the-witcher-3-wild-hunt

15. Витгенштейн Л. Философские работы. Часть I. / Л. Витгенштейн. Пер. с нем. М. С. Козловой и Ю. А. Асеева, сосгавл., вступ. статья, примеч. М. С. Козловой. – М.: Издательство «Гнозио, 1994. – 612 с.

Процедуры упрощения предложений на естественном языке на основе синтаксической разметки CoNLL-U для задач TextMining

Т. С. Гаршин, email: timur.garshin@gmail.com
А. Ю. Иванков, email: ivankov@cs.vsu.ru
Е. В. Муравьёва, email: ketmur18@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье приводится подход к задаче извлечения фактов из сложного предложения русского языка, основанный на анализе синтаксической разметки предложения. Представлены алгоритмы упрощения предложения путем удаления из него деепричастного, причастного оборотов и прямой речи на основе разбора синтаксической разметки CoNLL-U.*

Ключевые слова: *Лингвистический анализ, синтаксический парсинг, CoNLL-U, TextMining .*

Введение

В технологиях TextMining одной из актуальных задач является извлечение фактов и данных из массивов неструктурированных текстовых документов. Решения этой задачи в настоящее время строятся на основе двух подходов:

использования обученных нейросетей для поиска именованных сущностей в тексте без учета синтаксиста

применение алгоритмов разбора предложений (как нейросетевых, так и основанных на правилах), учитывающих морфологию и синтаксис.

Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Так, нейросетевой подход, реализованный в достаточно большом числе систем, дает хорошие результаты по выявлению отдельных слов и словосочетаний, но есть сложности при адаптации на новую предметную область текстов. Подходы, основанные на лингвистических правилах, позволяют провести более детальный разбор предложений, но обладают большей сложностью реализации.

© Гаршин Т. С., Иванков А. Ю., Муравьёва Е. В., 2021

1. Пути устранения ошибок при выделении фактов из предложения

Рассмотрим наиболее частую причину ошибок при разборе словосочетаний и групп слов, определяющих какой-либо искомый факт. Например, в предложении – Компания Леонардо Ди Каприо Appian Way заключили эксклюзивный контракт с Apple. Нейросеть Bert (ner_ontonotes_bert_mult) выделяет “Леонардо Ди Каприо” как наименование организации, это происходит из-за соседства со словом “компания”, которое идентифицируется нейросетью как организация. Если провести синтаксический разбор этого же предложения, то мы сможем проанализировать маркированные синтаксические связи, позволяющие выделить группу слов, относящихся к названию компании. Синтаксический разбор этого предложения, реализованный с помощью парсера deepavlov, представлен на рисунке 1. Формат представления содержит табличный вид и вид дерева разбора с разметкой связей в формате Conll-u. Это широко применяемый формат представления синтаксических зависимостей для решения задач в области компьютерной лингвистики. Он основан на соединении формального представления универсальных зависимостей Стэнфордского синтаксического анализатора (Universal Dependencies), разработанного для английского языка и универсальных тегов частей речи Google, адаптированных для различных языков.

Формат разбора предложения в Conll-u имеет следующую структуру [1] – содержит одну или несколько строк слов, формирующих предложение, а строки слов содержат следующие поля:

– ID: индекс слова, целое число, начиная с 1 для каждого нового предложения; может быть диапазоном токенов с несколькими словами.
– FORM: словоформа или знак препинания.
– LEMMA: Лемма или основа словоформы.
– UPOSTAG: универсальный тег части речи.
– XPOSTAG: тег части речи для конкретного языка.
– FEATS: список морфологических характеристик.
– HEAD: заголовок текущего токена, который является либо значением ID, либо нулем (0).
– DEPREL: Universal Stanford dependency relation к (root iff HEAD = 0) или определенному зависящему от языка подтипу.
– DEPS: Список вторичных зависимостей.
– MISC: любая другая аннотация.



Ввод (редактируемый):

```
1       Компания        _       _       _       _       7       nsubj   _       _
2       Леонардо        _       _       _       _       1       nmod    _       _
3       Ди      _       _       _       _       2       flat:name       _       _
4       Каприо  _       _       _       _       2       flat:name       _       _
5       Appian  _       _       _       _       1       flat:foreign    _       _
6       Way     _       _       _       _       1       flat:foreign    _       _
7       заключили       _       _       _       _       0       root    _       _
8       эксклюзивный    _       _       _       _       9       amod    _       _
9       контракт        _       _       _       _       7       obj     _       _
10      с       _       _       _       _       11      case    _       _
11      Apple   _       _       _       _       9       nmod    _       _
12      .       _       _       _       _       7       punct   _       _
```

Рис. 1. Пример синтаксического разбора предложения парсером deepavlov с разметкой Conll-u

Подход к выделению фактов из предложений русского языка

Для повышения эффективности извлечения фактов из русскоязычных текстов, предлагается следующий гибридный подход, основанный на интеграции существующих открытых технологий обработки текста и разработанных нами процедур (Рис.2).

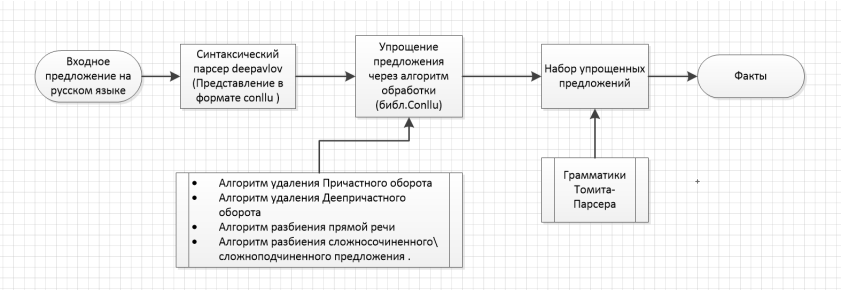


Рис. 2. Общая архитектура решения гибридного подхода извлечения фактов из текста

В проекте используется DeepPavlov – фреймворк для анализа текста и создания диалоговых систем с открытым исходным кодом для проведения синтаксического разбора текущего предложения и получение его описания в формате Conll-u. Входное предложение русского языка с помощью DeepPavlov проводится через синтаксический парсинг и для него строится дерево зависимостей с разметкой Conll-u. Затем, разработанные процедуры упрощения

предложений, реализованные на языке Python, реализуют парсинг размеченных предложений, с целью отсечения отдельных ситаксических связей. В результате формируется набор упрощенных предложений, к которым применяется набор разработанных КС-грамматик Томита-Парсера для извлечения фактов. Данная архитектура решения позволяет упростить процесс и сократить количество ошибок при извлечении фактов из предложений.

2. Описание процесса обработки текста

Задача упрощения предложений связана с реализацией алгоритмов обработки сложных предложений с учетом синтаксической разметки Conll-u. Рассмотрим реализованные варианты обработки.

Обработка деепричастного\причастного оборота:

– Предложение преодобработанное deepavlov подается на вход и разбирается как список и древовидная структура.

– Разобранное деревом предложение поступает на обработку в рекурсивную функцию, которая создает два списка: первый – все дочерние узлы дерева, второй – все узлы являющиеся дочерними от искомой связи (в случае деепричастного оборота – это связь advcl, в случае причастного – acl).

– Из общего списка всех узлов дерева удаляются узлы, промаркированные как дочерние от искомой связи.

– Оставшиеся элементы списка сортируются по возрастанию значения ID, и таким образом, формируется генерация выделяемого предложение.

Обработка предложения, содержащего прямую речь :

– Предложение преодобработанное deepavlov подается на вход и разбирается как список и древовидная структура.

– Разобранное предложение (синтаксическое дерево) поступает на обработку в рекурсивную функцию, которая создает два списка: первый – все дочерние узлы дерева, второй – все узлы являющиеся дочерними от искомой связи (в случае прямой речи это – parataxis).

– Формируется новая переменная, в которую записываются все элементы списка: в первый – не вошедшие, во второй список с подписью («автор прямой речи») и отдельно с подписью («прямая речь») выводится сам второй список.

– Оставшиеся элементы списка сортируются по возрастанию значения ID, и таким образом, по ним генерируется выделяемого предложение.

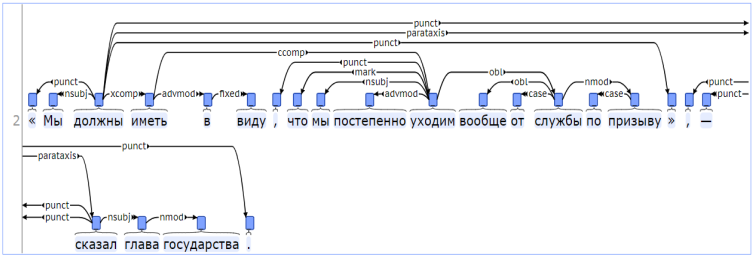
Таблица 1

Обработка прямой речи

Исходное\итоговое предложение	Код разбора предложения
Исходное предложение : "Мы должны иметь в виду , что мы постепенно уходим от службы по призыву", сказал глава государства. text =""" 1 « _ _ _ _ 3 punct _ _ 2 Мы _ _ _ _ 3 nsubj _ _ 3 должны _ _ _ _ 0 root _ _ 4 иметь _ _ _ _ 3 xcomp _ _ 5 в _ _ _ _ 4 advmod _ _ 6 виду _ _ _ _ 5 fixed _ _ 7 , _ _ _ _ 11 punct _ _ 8 что _ _ _ _ 11 mark _ _ 9 мы _ _ _ _ 11 nsubj _ _ 10 постепенно _ _ _ _ 11 advmod _ _ 11 уходим _ _ _ _ 4 ccomp _ _ 12 вообще _ _ _ _ 14 obl _ _ 13 от _ _ _ _ 14 case _ _ 14 службы _ _ _ _ 11 obl _ _ 15 по _ _ _ _ 16 case _ _ 16 призыву _ _ _ _ 14 nmod _ _ 17 » _ _ _ _ 3 punct _ _ 18 , _ _ _ _ 20 punct _ _ 19 – _ _ _ _ 20 punct _ _ 20 сказал _ _ _ _ 3 parataxis _ _ 21 глава _ _ _ _ 20 nsubj _ _ 22 государства _ _ _ _ 21 nmod _ _ 23 . _ _ _ _ 24 punct _ _	# обычный разбор предложения, не древовидный, понадобится в конце parse_norm = parse(text)[0] pars_not_norm = parse(text) [0] save_str =[] # древовидный разбор root = parse_norm.to_tree() # список связей, за которыми необходимо следить deprel_needed = ['parataxis'] # словарь слов, которые надо удалить (деепричастный оборот), ключ – id, значение – само слово words_to_remove = {} words_to_save={} # рекурсивная ф-ия обхода всех веток, учитывая связь def parse_syntactic_tree(children, mark_all_children=False): for i in children: if i.token['deprel'] in deprel_needed or mark_all_children: words_to_remove[i.token['id']] = i.token['form'] parse_syntactic_tree(i.children, mark_all_children=True) else: parse_syntactic_tree(i.children)

Окончание таблицы 1

Исходное\итоговое предложение	Код разбора предложения
""" Результат обработки: Прямая речь- TokenList<« Мы должны иметь в виду что мы постепенно уходим вообще от службы по призыву » .> Автор прямой речи- TokenList< – сказал глава государства>	def remove_words(): # удаляем все ненужные слова, которые нашли for i in words_to_remove: parse_norm.remove([x for x in parse_norm if x['id'] == i][0]) parse_norm_to_str= str(parse_norm) valids = re.sub(r"[',']*", ", parse_norm_to_str) print('Прямая речь-',valids) for j in parse_norm: pars_not_norm.remove(j) pars_not_norm_to_str= str(pars_not_norm) valids = re.sub(r"[',']*", ", pars_not_norm_to_str) print('Автор прямой речи-',valids) def create_sentence(): # сборка фразы result_str = '' for s in parse_norm: if s['form'] in '.,?!:;-' or not result_str: result_str += s['form'] else: result_str += f" {s['form']}"

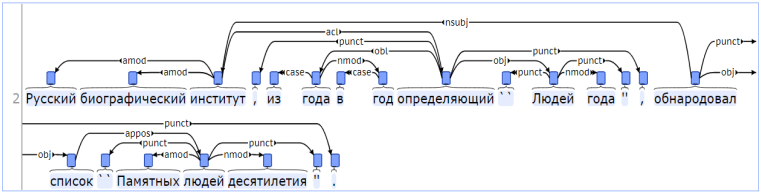


Ввод (редактируемый):

```
17      »       _       _       _       _       3       punct   _       _
18      ,       _       _       _       _       20      punct   _       _
19      —       _       _       _       _       20      punct   _       _
20      сказал  _       _       _       _       3       parataxis       _
_
21      глава   _       _       _       _       20      nsubj   _       _
22      государства     _       _       _       _       21      nmod    _
_
23      .       _       _       _       _       3       punct   _       _
```

Рис. 3. Визуализация разобранного предложения с прямой речью библиотекой conllu

Аналогичным образом проводится разбор деепричастного оборота, значимым отличием будет другая искомая связь (advcl).



Ввод (редактируемый):

```
16      список  _       _       _       _       15      obj     _       _
17      ``      _       _       _       _       19      punct   _       _
18      Памятных        _       _       _       _       19      amod    _
_
19      людей   _       _       _       _       16      appos   _       _
20      десятилетия     _       _       _       _       19      nmod    _
_
21      ''      _       _       _       _       19      punct   _       _
22      .       _       _       _       _       15      punct   _       _
```

Рис. 4. Визуализация разобранного предложения с причастным оборотом библотекой conllu

Таблица 2

Причастный оборот

Исходное\итоговое предложение	Код разбора предложения
#исходный текст - Русский библиографический институт, из года в год определяющий "Людей года", обнародовал список "Памятных людей деся тилетия". text= """ 1 Русский _ _ _ _ 3 amod _ _ 2 биографический _ _ _ _ 3 amod _ _ 3 институт _ _ _ _ 15 nsubj _ _ 4 , _ _ _ _ 9 punct _ _ 5 из _ _ _ _ 6 case _ _ 6 года _ _ _ _ 9 obl _ _ 7 в _ _ _ _ 8 case _ _ 8 год _ _ _ _ 6 nmod _ _ 9 определяющий _ _ _ _ 3 acl _ _ 10 `` _ _ _ _ 11 punct _ _ 11 Людей _ _ _ _ 9 obj _ _ 12 года _ _ _ _ 11 nmod _ _ 13 " _ _ _ _ 11 punct _ _ 14 , _ _ _ _ 9 punct _ _ 15 обнародовал _ _ _ _ 0 root _ _ 16 список _ _ _ _ 15 obj _ _ 17 `` _ _ _ _ 19 punct _ _ 18 Памятных _ _ _ _ 19 amod _ _ 19 людей _ _ _ _ 16 appos _ _ 20 десятилетия _ _ _ _ 19 nmod _ _ 21 " _ _ _ _ 19 punct _ _ 22 . _ _ _ _ 15 punct _ _ """ результат разбора: Русский биографический институт обнародовал список `` Памятных людей десятилетия ".	parse_norm = parse(text)[0] root = parse_norm.to_tree() deprel_needed = ['acl'] # словарь слов, которые надо у далить причастный оборот), кл юч – id, значение – само слово words_to_remove = {} # рекурсивная ф- ия обхода всех веток, учитывая связь def parse_syntactic_tree(children, mark_all_children=False): for i in children: if i.token['deprel'] in deprel_ne eded or mark_all_children: words_to_remove[i.token['id']] = i.token['form'] parse_syntactic_tree(i.childre n, mark_all_children=True) else: parse_syntactic_tree(i.childre n) def remove_words(): for i in words_to_remove: parse_norm.remove([x for x in parse_norm if x['id'] == i][0]) # parse_norm.remove([x for x i n parse_norm if x['form'] == ',']) def create_sentence(): result_str = '' for s in parse_norm: if s['form'] in '.,?!:;- ' or not result_str: result_str += s['form'] else: result_str += f" {s['form']}" return result_str

Заключение

В статье описан подход к реализации задачи извлечения фактов из текста, основанный на интеграции существующих открытых технологий обработки текста и разработанных процедур. Представленый метод упрощения предложений может быть использован для анализа других синтаксических конструкций русского языка.

Задачи синтаксического парсинга связаны с проблемой семантической интеграции добытых фактов, а также проведением процедур смысловой аналитики. В настоящее время примеров успешной реализации таких систем крайне мало, особенно для русского языка. Практическим применением подобных решений могут быть информационные системы сбора и обработки новостей и сообщений в сети Интернет, систематизации корпоративной текстовой информации, проведение конкурентной разведки и др.

Список литературы

1. Описание проекта: Синтаксический Анализатор CoNLL-U. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pypi.org/project/conllu/

2. Python3 для начинающих Списки (list). Функции и методы списков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pythonworld.ru/tipy-dannyx-v-python/spiski-list-funkcii-i-metody-spiskov.html

3. Открытый фреймворк для анализа текста и создания диалоговых систем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://deeppavlov.ai/

Архитектура системы кластеризации интернет-пользователей на основе данных о переходах (clickstream)

М. В. Гладких, mg6625@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *Качество взаимодействия с пользователями, понимание их проблем и потребностей – важное конкурентное преимущество в электронной коммерции. Предлагается вариант архитектуры системы кластеризации интернет-пользователей на основе анализа поведения пользователей. Описаны компоненты системы и порядок их взаимодействия. Дан обзор подходов, применимых для анализа потока кликов.*

Ключевые слова: *архитектура рекомендательной системы, поток кликов, анализ поведения интернет-пользователей, clickstream analysis.*

Введение

В настоящее время рынок товаров и услуг все больше переходит в онлайн. Вследствие чего обостряется конкуренция за потребителя. Успех продукта в электронной коммерции во многом зависит от качества взаимодействия с пользователями и понимания их проблем и потребностей.

Особенностью ведения бизнеса в интернете является сведение к минимуму личного контакта с потребителем, либо его отсутствие. С другой стороны, каждый пользователь, использующий любой интернет-ресурс, совершает на нем определенные действия. К таким действиям относятся переходы по страницам сайта, прокрутка страницы, клики, листание и другие.

Сбор и анализ действий, генерируемых посетителями, дает возможность составить более точное представление о предпочтениях и проблемах посетителей и извлечь максимум выгоды из этой информации.

Важным типом действия посетителя является переход по страницам сайта. Последовательность переходов конкретного посетителя составляет поток переходов, в англоязычной среде такой тип данных называется поток кликов или clickstream.

© Гладких М. В., 2021

Проблема современных интернет-ресурсов – это сложность персонализации контента под каждого пользователя. Оценка предпочтений и создание рекомендаций является сложной задачей.

Для решения данной задачи предлагается кластеризация посетителей, используя данные об их переходах в рамках отдельного интернет-ресурса. Отнесение посетителя к определенной группе позволит персонализировать контент ресурса для этого посетителя.

В настоящей статье описывается архитектура системы, с помощью которой возможно выполнять полный цикл действий по определению типа посетителя. К указанным действиям относятся следующие:

– Идентификация пользователя.

– Сбор и запись данных о его переходах и другой технической информации.

– Выявление основных типов (групп) посетителей с использованием алгоритмов кластерного анализа машинного обучения.

– Предсказание того, к какому типу относится конкретный посетитель после сбора достаточного объема данных.

1. Анализ существующих решений для сбора данных

В настоящее время на рынке не представлены программные продукты с аналогичным функционалом в полном объеме. Однако существуют несколько сервисов, предоставляющих возможность собирать и обрабатывать данные о поведении пользователей. Нижеуказанные сервисы можно сравнивать с отдельными компонентами проектируемой системы, а именно модулем сбора данных.

Проанализированы три наиболее функциональные в настоящее время сервисы:

– Яндекс.Метрика (metrika.yandex.ru).

– Позволяет собирать данные о любых действиях пользователя на веб-страницах, в том числе кликах, движения мышью, прокрутке и других.

– Данные можно визуализировать в виде «Тепловой карты кликов».

– Отсутствие программного интерфейса для получения необходимых для целей работы системы адаптации данных.

– Недолгий срок хранения данных в сервисе.

– Отсутствует привязка к действиям конкретного пользователя.

– Google Analytics (analytics.google.com).

– Позволяет собирать данные только по переходам по гиперссылкам.

– Не собирает данные о «холостых» кликах (когда пользователь попадает по области веб-страницы, для которой не предусмотрено перехода).

– Hotjar (www.hotjar.com).

– Позволяет собирать данные о любых действиях пользователя на страницах.

– Данные можно визуализировать в виде «Тепловой карты кликов».

– Предоставляет данные в виде таблицы.

– К минусам относится недостаточный набор данных.

При изучении указанных сервисов сделан вывод об отсутствии готового источника данных, необходимых для работы системы. Кроме того, использование готового решения ограничит возможности для экспериментов в ходе разработки и совершенствования системы в целом.

2. Требования к системе

К системе предъявляются следующие требования:

– легкая интеграция с любым веб-сайтом, открываемом в браузере (далее – хост), независимо от технологии, на основе которой разработан хост, в том числе одностраничными приложениями (SPA).

– Отсутствие существенного влияния на производительность и скорость загрузки хоста.

– Отсутствие влияния на работу сторонних сервисов, используемых хостом (аналитики, рекламные сети и т.п.).

– Осуществление передачи данных между компонентами системы наиболее оптимальным способом.

3. Структура системы

По своей сути система – это клиент-серверное веб-приложение. Она состоит из двух компонентов: клиента и сервера. Клиент работает в браузере и запускается в момент загрузки веб-страницы. Сервер обрабатывает запросы клиента и работает постоянно. Каждый компонент может включать независимые модули.

Учитывая предъявляемые требования, система имеет следующую структуру.

– Клиент:

– модуль сбора данных,

– Сервер:

– модуль обработки, хранения и преобразования данных,

– модуль обучения,

– База данных.

4. Характеристика клиентской части системы

Модуль сбора данных представляет собой скрипт, написанный на языке программирования JavaScript. Основная задача модуля – отслеживание переходов пользователя, подготовка и передача данных серверу.

Функционал идентификации пользователя реализован с использованием сторонней библиотеки Browser Fingerprint 3. Техника, используемая библиотекой, позволяет осуществлять анонимную идентификацию браузера. Код библиотеки опрашивает браузер пользователя на предмет всех специфичных и уникальных настроек и данных для этого браузера, системы и устройства пользователя. Данные объединяются в массив строк, затем подаются на вход функции хеширования. Функция возвращает хеш общего назначения.

Полученный хеш передается с каждой порцией данных на сервер. Если хеш не удалось получить по какой-либо причине, модуль не инициализируется, данные серверу не передаются.

Модуль отправляет данные серверу несколько раз в течение секции. Первая отправка происходит сразу после загрузки страницы. Для работы модуля не требуется ожидание загрузки и рендеринг контента на странице, все необходимые данные доступны в момент инициализации. Для отправки данных используется встроенный метод *fetch()*. Формат передачи данных – JSON.

Данные, отправляемые серверу, представлены в таблице.

Таблица

Данные о переходе, передаваемые от клиента серверу

Имя параметра	**Описание**
visitorId	Хеш-сумма, получаемая на основе оборудования посетителя
screenWidth	Ширина экрана устройства посетителя
orientation	Положение экрана на устройстве посетителя
timeStamp	Временная метка
lang	Язык, установленный на устройстве посетителя
platform	Операционная система на устройстве посетителя
userAgent	Идентификатор браузера посетителя [1]
pageUri	Адрес веб-страницы, на которую совершен переход

Далее модуль устанавливает наблюдение за полем *href* глобального объекта *location*, в котором хранится текущий адрес веб-страницы. При каждом изменении адреса модуль собирает набор данных из таблицы 1, включая новый адрес, и записывает их в кэш. Накопленные данные

передаются серверу каждые 10 секунд. После отправки данных кэш очищается.

Чтобы избежать потери собранных, но еще не отправленных данных, в случае закрытия вкладки браузера или перезагрузки страницы, модуль устанавливает наблюдение за браузерным событием *beforeunload*. Событие срабатывает перед закрытием окна или вкладки браузера или переходе на другую веб-страницу.

После срабатывания события *beforeunload* данные из кэша отправляются серверу браузерным методом *navigator.sendBeacon().*

Для взаимодействия с хостом модуль может опционально принимать две функции обратного вызова в качества параметров. Первая функция срабатывает в случае успешного предсказания типа пользователя. Вторая функция запускается в случае возникновения ошибки.

Получив тип пользователя, приложение хоста может использовать эти данные для персонализации контента.

Модуль получает тип пользователя в ответе на первый запрос при условии, что данных по текущему юзеру достаточно и его удалось отнести к какой-либо группе.

5. Характеристика серверной части системы

Серверная часть системы представляет собой Node.JS приложение, написанное с использованием фрейморка для построения программных интерфейсов – Express.JS. Логически сервер разделен на модули, но технически это единое приложение.

Модуль обработки, хранения и преобразования данных получает от клиента данные о поведении пользователя, разделяет и группирует их по признакам, необходимым для оптимального хранения, и записывает в базу данных.

Главной сущностью при добавлении данных является переход (*transition)*. Включает данные, которые передает клиент. Модуль может принимать один или несколько переходов за один запрос. При каждом новом запросе модуль проверяет, достаточно ли данных, и обращается к модулю обучения.

Модуль обучения использует библиотеку машинного обучения TensorFlowJS. Включает два метода программного интерфейса:

– метод кластеризации посетителей,
– метод предсказания типа посетителя.

После накопления дополнительных данных сервер запускает задачу дообучения.

Работа модуля обучения разделена на две части.

– Кластеризация посетителей. Задача данной части – выявить группы пользователей из всего массива собранных данных. Метод возвращает список определенных групп.

– Предсказание типа посетителя. Задача данной части – определить, к какой группе относится текущий посетитель. Метод запускается, если по текущему пользователю накоплен необходимый набор данных. В случае удачного предсказания метод возвращает тип пользователя.

Характеристики каждой выявленной группы устанавливаются опытным путем и не рассматриваются в данной статье.

База данных содержит две основные таблицы:

– visitors, хранит данные пользователей, а также определенный тип пользователя в качестве кэша.

– transitions, хранит данные, переданные клиентской частью, имеет связь с таблицей visitors.

Кроме того, база содержит таблицу errors, в которую записываются ошибки.

Диаграмма базы данных показана на рисунке.

Обзор подходов, применимых для анализа потока кликов

Для анализа применяются различные подходы и алгоритмы. Анализ существующих исследований показал, что наиболее эффективными подходами являются:

– цепь Маркова (Markov Chains) [2]. Представляет собой дискретную последовательность состояний, каждое из которых берётся из дискретного пространства состояний (конечного или бесконечного), удовлетворяющее марковскому свойству. Цепи Маркова лучше всего работают с последовательными данными, поток кликов является таким типом данных.

– Алгоритм cSPADE (Sequential Pattern Discovery using Equivalence classes) [3]. Заключается в моделировании данных потока переходов как вероятностей перехода в их представлении в виде последовательных шаблонов. Затем определяются тенденции, которые происходят наименьшее количество раз. На каждой итерации алгоритм вычисляет частоту последовательностей только с элементом, затем вычисляет частоту последовательностей с двумя элементами и так далее.

– Алгоритм Метод k-средних (K-Means Clustering) [4]. Алгоритм стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров. На каждой итерации перевычисляется центр масс для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге, затем векторы разбиваются на кластеры вновь в

соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе по выбранной метрике. Алгоритм завершается, когда на итерации не происходит изменения внутрикластерного расстояния.

– CUP (Clickstream pattern mining Using Pseudo-IDList) [5]. Алгоритм основан на новой структуре данных Pseudo-IDList. На основе этой структуры предлагается алгоритм CUP (поиск паттернов Clickstream с использованием Pseudo-IDList). Предложенный подход показывает эффективность и требует меньших вычислительных ресурсов.

Выбор нужного подхода либо их комбинации является предметом отдельных исследований.

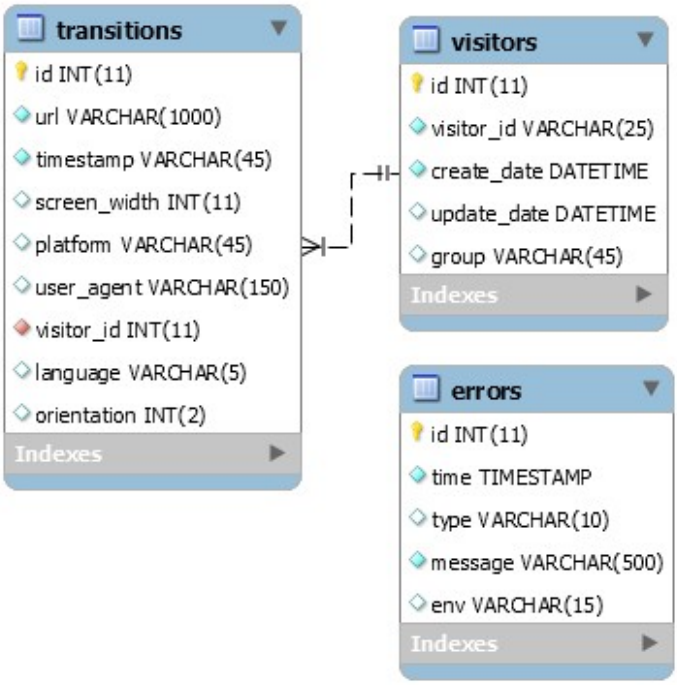


Рисунок. Диаграмма базы данных

Заключение

Системы кластеризации интернет-пользователей на основе данных о переходах имеют много вариантов практического применения в

электронной коммерции. В данной статье рассмотрен вариант архитектуры такой системы.

Изучены сервисы, предоставляющие возможность сбора и анализа данных о поведении пользователя. В результате установлено, что готовые решения для сбора данных для целей реализации системы отсутствуют.

Определены требования к функционалу системы, форматы и типы собираемых, передаваемых и хранимых данных. На основе указанных форматов спроектирована структура базы данных.

Рассмотрены исследования в области анализа потока кликов. Определены алгоритмы, применяемые для такого анализа.

Список литературы

1. Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1 [Электронный ресурс]: спецификация – Режим доступа: tools.ietf.org/html/rfc2616#section-14.43.

2. Scholz, Michael. R Package clickstream – Analyzing Clickstream Data with Markov Chains / Journal of statistical software / Forthcoming, – 2017.

3. Anubhuti Singh, Sandhya Tarar. Clickstream Data Analysis Using Data Mining in R / International Journal of Science and Research (IJSR) / ISSN: 2319-7064, 2018.

4. Makris, Christos & Tsirakis, Nikos / A Model for Clustering Clickstream Data: researchgate.net/publication/255031096, – 2006.

5. M. Huynh, Huy & Nguyen, Loan & Vo, Bay & Yun, Unil & Oplatková, Zuzana & Hong, Tzung-Pei / Efficient algorithms for mining clickstream patterns using pseudo-IDLists / Future Generation Computer Systems, – 2020.

Настройка и адаптация модуля распознавания речи CMU Sphinx на основе скрытых марковских моделей

В. В. Гончарова, email: vlntngoncharova@gmail.com
В. В. Гаршина, email: garshina@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *в данной работе рассматриваются основные методы оценки качества распознавания речи, а так же проводится адаптация системы распознавания речи речи CMU Sphinx на основе скрытых марковских моделей*

Ключевые слова: *оценка качества распознавания речи, CMU Sphinx , Word Recognition Rate, Word Error Rate, Word Correctly Recognized, адаптация, настройка.*

Введение

Технологии распознавания речи все уверенней входят в нашу жизнь. Однако существует проблема, с которой приходится столкнуться при эксплуатации большинства систем распознавания речи. Это недостаточная точность распознавания.

Из-за этого фиксируются частые случаи неправильно распознанных команд, ложных срабатываний (команда не была произнесена, но система распознала окружающий шум как команду) или игнорирование команды. С таким качеством распознавания речи конечному пользователю работать недопустимо.

Такое поведение системы объясняется акцентом или дефектами речи диктора, окружающим шумом при записи речи, некачественным микрофоном и многими другими факторами. Чтобы сократить процент ошибок распознавания систему чаще всего настраивают под конкретного пользователя или группу пользователей.

В данной работе будет проведена настройка системы распознавания речи, встроенная в программную платформу для решений, технологий и устройств вспомогательной и дополненной реальности. Так как платформа предназначена для умных очков, то управление ею происходит с помощью голосовых команд на русском языке. Поэтому в качестве системы распознавания была выбрана платформа CMU Sphinx, поддерживающая русский язык и имеющая режим распознавания отдельных команд. В ходе первичного тестирования программной платформы было выявлено, что качество

© Гончарова В. В., Гаршина В. В., 2021

распознавания является неудовлетворительным и для дальнейшей работы его необходимо повысить.

1. Экспериментальная оценка качества распознавании речи с неадаптированной акустической моделью

Прежде чем приступать к настройке, необходимо зафиксировать текущее состояние системы.

Для оценки качества распознавания были взяты голосовые команды для управления описанной выше программной платформой. Выборка состояла из всех используемых команд, их количество равно 39, количество слов во всех командах – 57. Основным условием проведения эксперимента является окружающий уровень шума при записи распознаваемой речи. Данный эксперимент проходил в условиях малой зашумленности. В эксперименте участвовали 3 диктора.

В данной работе были использованы два способа вычисления точности системы [1]:

– Количество правильно распознанных слов (WRR – Word Recognition Rate) или противоположное значение – количество ложно распознанных слов (WER – Word Error Rate).

Метод ложно распознанных слов состоит в подгонке двух строк. Первая – строка, полученная в результате распознавания. Вторая – исходная строка. Данный метод основан на использовании расстоянии Левенштейна, которое представляет оценку редактирования данных – минимальное количество операций вставки, удаления и редактирования одного символа для выравнивания двух строк текста. Показатель WER вычисляется по формуле

$$WER = \frac{S + D + I}{T} \tag{1}$$

где S – количество операций замены слов; D – количество операций удалений слов; I – количество операций вставки слов.

Соответственно показатель для правильно распознанных слов WRR рассчитывается по формуле

$$WRR = 1 - WER\,. \tag{2}$$

Для оценки данным методом системе был предложен текст, состоящий из 39 команд. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка качества распознавания WRR и WER

	Диктор 1	**Диктор 2**	**Диктор 3**
S	3	4	3
D	2	3	1
I	1	0	1
T	39	39	39
WER	15%	19%	13%
WRR	85%	81%	87%

–

– Процент корректно распознанных слов (WCR – Word Correctly Recognized)

Данный показатель вычисляется по формуле

$$WER = \frac{H}{T}100\%,$$

где H – количество верно распознанных слов; T – количество слов в исходной фразе.

Для вычисления показателя WCR был выбран альтернативный способ тестирования. В этом случае распознавание происходило в контексте мобильного приложения, то есть дикторы предъявляли речевые образцы команд модулю распознавания речи, взаимодействуя с ним через мобильное приложение. За единицу распознавания принимается отдельное слово из команды.

Результаты тестирования представлены в табл. 2.

Данные о ложных срабатываниях и игнорировании команд вынесены как отдельные показатели, так как данная оценка точности их не учитывает, но для оценки качества системы они важны.

Таблица 2

Оценка качества распознавания

	Диктор 1	**Диктор 2**	**Диктор 3**
T	57	57	57
H	49	51	52
Ложные срабатывания	7	4	5
Игнорирование команды	2	0	3
WCR	86%	89%	91%

2. Настройка и адаптация модуля распознавания речи

В данной работе для системы распознавания используются ненастроенные ресурсы, предоставляемые CMU Sphinx для русского языка. Так как ресурсы представляют из себя параметры скрытых марковских моделей, то с помощью обучения (адаптации) СММ можно добиться повышения качества распознавания речи.

Подготовка данных для адаптации

Первый этап – это создание корпуса адаптационных данных

- аудиозаписи речи;
- файл с транскрипцией надиктованной речи (*.transcription);
- порядковый список используемых аудиофайлов (*.fileids).

Основной материал, необходимый для адаптации – звуковая запись речи. Обычно используют большие речевые корпуса с несколькими десятками или сотнями часов надиктованной речи. Так как в данной работе настраивается система для распознавания ограниченного набора команд, то целесообразней будет производить настройку именно на записи этого ограниченного списка. Для повышения гибкости распознавания речи запись должна осуществляться несколькими дикторами в различных условиях зашумленности.

В качестве речевых образцов были использованы записи произнесения полного списка голосовых команд. Для адаптации были выбраны четыре диктора и два места записи с разным уровнем фонового звукового шума. Аудиофайлы должны обладать следующими качествами:

- количество каналов записи – mono;
- частота дискретизации – 16kHz;
- количество бит в сэмпле – 16bit;
- оцифровка – PCM.

Так же для адаптации необходимо подготовить транскрипции (текстовое представление) записей речи и специальный файл формата *.fileids с порядком следования аудиофайлов.

Обучение акустической модели

Обучение происходит на основе уже существующей акустической модели.

С помощью инструмента sphinx_fe библиотеки SphinxBase осуществляется генерация набора файлов характеристик (мел-частотных кепстральных коэффициентов) используемых аудио (листинг 1).

Листинг

Генерация набора файлов характеристик

```
sphinx_fe
-argfile en-us/feat.params \
-samprate 16000
-c arctic20.fileids \
-di .
-do .
-ei wav
-eo mfc
-mswav yes
```

Следующим шагом в адаптации является сбор статистики из данных адаптации. Делается это с помощью bw программы от SphinxTrain (листинг 2).

Листинг

Сбор статистики из данных адаптации

```
.
./bw \
-hmmdir en-us \
-moddeffn en-us/mdef.txt \
-ts2cbfn .ptm. \
-feat 1s_c_d_dd \
-svspec 0-12/13-25/26-38 \
-cmn current \
-agc none \
-dictfn cmudict-en-us.dict \
-ctlfn arctic20.fileids \
-lsnfn arctic20.transcription \
-accumdir .
```

Затем на основе максимального апостериорного критерия обновляется каждый параметр акустической модели. Это действие выполняется с помощью программы map_adapt (листинг 3).

Листинг

Обновление каждого параметра акустической модели

```
./map_adapt \
-moddeffn en-us/mdef.txt \
-ts2cbfn .ptm. \
-meanfn en-us/means \
-varfn en-us/variances \
-mixwfn en-us/mixture_weights \
-tmatfn en-us/transition_matrices \
-accumdir . \
-mapmeanfn en-us-adapt/means \
-mapvarfn en-us-adapt/variances \
-mapmixwfn en-us-adapt/mixture_weights \
```

```
-maptmatfn en-us-adapt/transition_matrices
```

После этого получается готовая к использованию адаптированная акустическая модель.

Заключительный этап – оценка качества адаптации. Этот пункт выполнялся экспериментальным путем.

С точки зрения работы с элементами речи в процессе обучения СММ можно выделить несколько этапов:

– Вычисление мел-частотных кепстральных коэффициентов (MFCC) речевых образцов.

– Акустическое моделирование. Обучение с использованием отдельных фонем – контекстно-независимые.

– Отдельные фонемы объединяются с соседними фонемами по одной с каждой стороны – обучение модели трифонов.

– Так как количество трифонов в языке может достигать нескольких тысяч, то необходимо объединить близкие по звучанию трифоны с помощью построения дерева фонем.

– Кластеризация трифонов.

– Обучение модели с кластерами трифонов.

– Декодирование тестовой выборки речевых образцов и оценка качества распознавания (Word Error Rate) [2].

3. Экспериментальная оценка качества распознавания речи с адаптированной акустической моделью

Оценка качества производилась методами, описанными выше. Эксперимент проводился с соблюдением условий оценки качества неадаптированной моделью.

– Количество правильно распознанных слов (WRR – Word Recognition Rate) или противоположное значение – количество ложно распознанных слов (WER – Word Error Rate) (табл. 3)

Таблица 3

Оценка качества распознавания WRR и WER

	Диктор 1	**Диктор 2**	**Диктор 3**
S	2	1	1
D	0	1	0
I	0	0	0
T	39	39	39
WER	5%	5%	2,5%
WRR	95%	95%	97,5%

– Процент корректно распознанных слов (WCR – Word Correctly Recognized) (табл. 4)

Таблица 4

Оценка качества распознавания WCR

	Диктор 1	**Диктор 2**	**Диктор 3**
T	57	57	57
H	55	55	57
Ложные срабатывания	0	0	0
Игнорирование команды	1	2	1
WCR	96%	96%	100%

Сравнительный анализ оценки качества распознавания речи адаптированной и неадаптированной моделями представлен на диаграммах ниже (рис. 1 и 2).

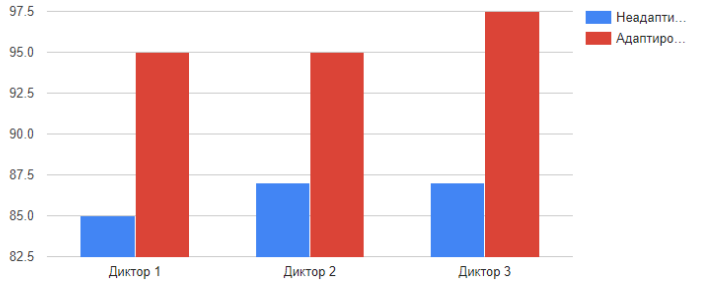


Рис. 1. Сравнительная диаграмма WRR

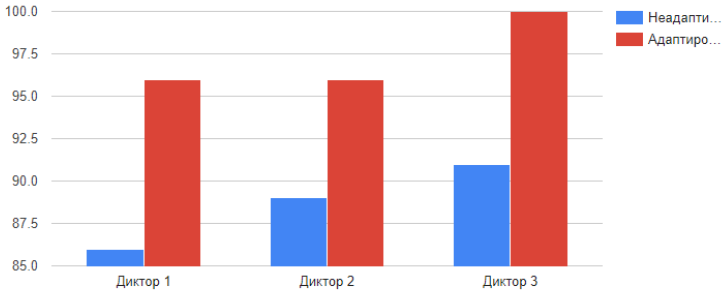


Рис. 2. Сравнительная диаграмма WCR

Анализируя сравнительные диаграммы можно сделать следующие выводы:

- количество правильно распознанных слов WRR возросло на 11%;
- количество ложно распознанных слов WER сократилось на 11,5 %;
- процент корректно распознанных слов WCR возрос на 8,6 %;

Заключение

В рамках данной статьи были рассмотрены и применены основные методы оценки качества распознавания речи: Word Recognition Rate, Word Error Rate и Word Correctly Recognized. Так же был проведен сбор и обработка речевых материалов для адаптации акустической модели. На основе собранного речевого корпуса проведена адаптация системы распознавания речи CMU Sphinx, используемая в программной платформе для решений, технологий и устройств вспомогательной и дополненной реальности. По различным методам оценки качества распознавания речи точность адаптированной модели возросла на 11% (WRR), а количество ошибок уменьшилось на 11,5 % (WER). В результате проделанной работы имеем настроенную систему распознавания речи с высокими показателями оценки качества.

Список литературы

1. Карпов А. А. Методология оценивания работы систем автоматического распознавания речи [Электронный ресурс] : научная статья по специальности «Компьютерные и информационные науки». – Режим доступа : http://pribor.ifmo.ru/file/article/5994.pdf

2. Adapting the default acoustic model [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cmusphinx.github.io/wiki/tutorialadapt/

Распознавание жестовой речи с учетом комбинаторных изменений жестов

М. Г. Гриф, email: grifmg@mail.ru
О. О. Королькова, email: ookorol@mail.ru
А. Л. Приходько, email: alexeyayay@yandex.ru

Новосибирский государственный технический университет
Новосибирский государственный педагогический университет

Аннотация. *Рассмотрена текущая ситуация в России и в мире в области разработки систем компьютерного перевода жестовых языков глухих. Предложены два подхода к распознаванию непрерывной жестовой речи, связанных с последовательным перебором событий-кандидатов на начало исполнения последующего жеста и с полным выявлением элементов речи – собственно жестов, состояния покоя говорящего, комбинаторных изменений параметров жестов и эпентезы.*

Ключевые слова: *русский жестовый язык, грамматическая система, машинный перевод, комбинаторные изменения параметров жестов, эпентеза.*

Введение

Разработка методов двустороннего машинного перевода (русского) текста (речи) на жестовые языки глухих (русский жестовый язык, РЖЯ) в любой стране мира является важной социальной задачей, способствующей поддержке коммуникаций между глухими и слышащими. 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 настоящее время данная задача не может считаться решенной, так как отсутствуют известные варианты машинного перевода русского текста на РЖЯ и наоборот, удовлетворяющие требованиям глухих граждан России. К основным требованиям глухих относятся безошибочность и качество визуализации перевода (компьютерного персонажа). Проведенные исследования среди глухих позволяют установить требования к безошибочности перевода не ниже 90% и к качеству визуализации на уровне перевода человека-сурдопереводчика

© Гриф М. Г., Королькова О. О., Приходько А. Л., 2021

РЖЯ. Указанные обстоятельства затрудняют коммуникации между слышащими и глухими гражданами, что является серьезной социально-экономической проблемой. В настоящее время при переводе русского текста на РЖЯ и наоборот, используют как методы машинного обучения, так и связь грамматических систем русского звучащего языка и РЖЯ. Однако достичь необходимого уровня перевода препятствуют следующие обстоятельства:

– неполнота описания грамматической системы РЖЯ;

– отсутствие «плавности» показа жестов аватаром-сурдопереводчиком, система управления которого использует систему нотаций языков глухих;

– перевод осуществляется преимущественно на калькирующую жестовую речь, а не на РЖЯ, обладающий своими выразительными возможностями;

– высокий процент ошибок при переводе многозначных слов и омонимов на жесты РЖЯ (более 20%);

– отсутствие значительных по объему размеченных корпусов РЖЯ (Датасетов), необходимых для реализации методов машинного перевода на основе машинного обучения;

– отсутствие надежных методов распознавания, как отдельных жестов глухих, так и РЖЯ в целом.

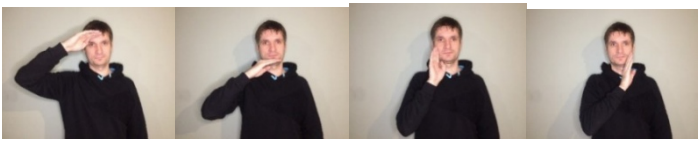
Особую сложность представляет собой задача распознавания непрерывной жестовой речи (РЖЯ). Для успешного распознавания недостаточно выделить отдельные жесты. Необходимо их уверенное выделение с учетом комбинаторных изменений параметров жестов, включая эпентезу [3]. В настоящей работе остановимся на данной задаче более подробно.

1. Виды комбинаторных изменений параметров жестов

Анализ непрерывной речи на русском жестовом языке позволил выявить, что в речевом потоке на невербальных языках встречаются процессы комбинаторных изменений параметров жестов, сопоставимые с комбинаторными изменениями звуков в речевом потоке на вербальном языке. Так, под влиянием звуков друг на друга в звуковых языках могут наблюдаться процессы аккомодации (частичного приспособления артикуляций смежных звуков), ассимиляции (уподобления артикуляции звуков), гаплологии (выпадения звуков вследствие их диссимиляции), диссимиляции (расподобления артикуляции звуков, утраты ими общих фонетических признаков), диэрезы (диерезы) (выпадения звуков), метатезы (взаимной перестановки звуков или слогов) и эпентезы (вставки звуков) [4].

Согласно исследованиям русского жестового языка [5], для непрерывной русской жестовой речи характерны следующие комбинаторные изменения параметров жеста.

Выпадение движения происходит при использовании сочетания жестов или повторяющегося движения. Например, сравним исполнение сложного жеста (компаунда) ПАПА-МАМА ‘родители’ в словарной форме и в быстрой речи. В словарной форме эти жесты исполняются так, как показано на рис.1.



а б

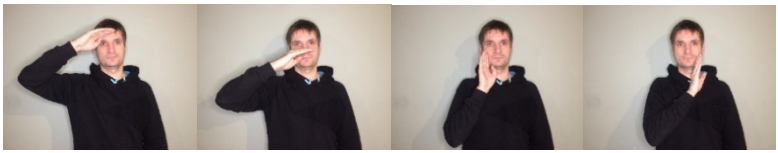
а – компонент ПАПА, б – компонент МАМА

Рис. 1. Исполнение компаунда ПАПА-МАМА в словарной форме

В быстрой речи эти же жесты имеют несколько иное исполнение (рис. 2).

Сопоставительный анализ изображений на рис. 1 и рис. 2 позволяет выявить выпадение движения при исполнении компонента ПАПА.

Для высказываний на РЖЯ характерны ассимиляция конфигурации и ассимиляция локализации, при которых конфигурация и локализация становятся похожими на соответствующие параметры одного из соседних жестов. Приведем пример ассимиляции конфигурации – исполнение компаунда БРАТ-СЕСТРА в словарной форме (рис. 3) и в быстрой речи (рис. 4).



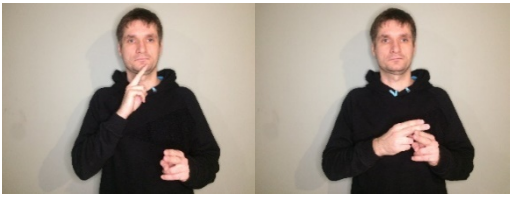
а б

а – компонент ПАПА, б – компонент МАМА

Рис. 2. Исполнение компаунда ПАПА-МАМА в быстрой речи

Высказываниям на РЖЯ свойственна персеверация, т.е. удержание по инерции на месте пассивной руки вместо возвращения ее в

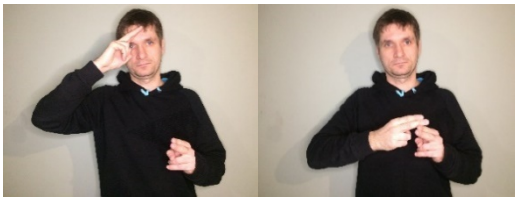
положение покоя, которая наблюдается при исполнении одноручного жеста после показа двуручного жеста. Примером этого вида комбинаторных изменений может служить исполнение жеста БРИГАДИР (рис. 5).



а б

а – компонент БРАТ, б – компонент СЕСТРА

Рис. 3. Исполнение компаунда БРАТ-СЕСТРА в словарной форме



а б

а – компонент БРАТ, б – компонент СЕСТРА

Рис. 4. Исполнение компаунда БРАТ-СЕСТРА в быстрой речи

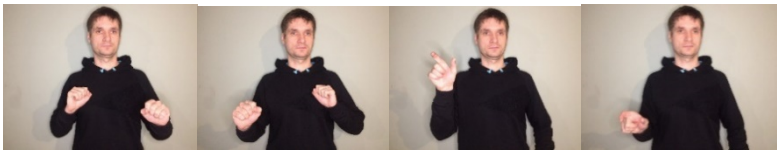


Рисунок. Жест БРИГАДИР

Антиципация, т.е. заблаговременная подготовка пассивной руки для исполнения двуручного жеста, следующего за одноручным жестом, может быть проиллюстрирована исполнением на РЖЯ высказывания «Приятно познакомиться» (рис. 6).

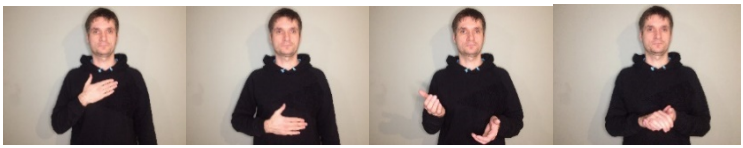
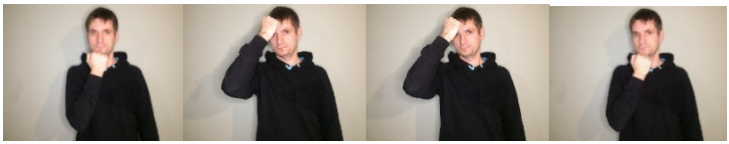


Рис. 5. ПРИЯТНО ПОЗНАКОМИТЬСЯ

Для РЖЯ характерна метатеза, т.е. перестановка начальной и конечной локализаций при исполнении жестов с двойной локализацией. Например, может меняться начальная и конечная локализация при исполнении жеста СПАСИБО (рис. 7).



а б

а – жест СПАСИБО, б – жест СПАСИБО с измененной начальной и конечной локализацией

Рис. 6. Исполнение жеста СПАСИБО

Высказываниям на РЖЯ свойственна эпентеза, т.е. добавление движения между соседними жестами. Этот вид комбинаторных изменений труден для распознавания.

Кроме того, исследователи РЖЯ относят к комбинаторным изменениям параметров жеста редукцию движения, под которой понимают исполнение движения с меньшей траекторией [5]. Пример исполнения жеста СЫН в словарной форме представлен на рис. 8, а исполнение этого же жеста с редукцией движения – на рис. 9:

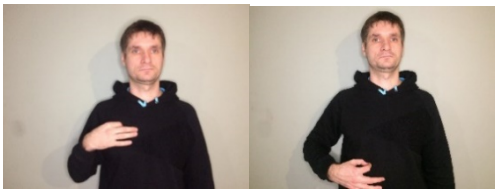


Рис. 7. Исполнение жеста СЫН в словарной форме

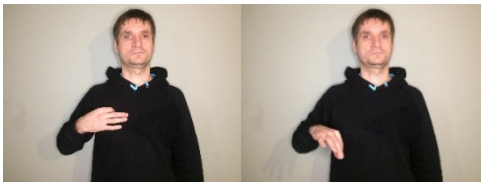


Рис. 8. Исполнение жеста СЫН в быстрой речи

Анализ рис. 8 и рис. 9 позволяет сделать вывод о том, что в быстрой речи произошла редукция движения.

Учет перечисленных комбинаторных изменений жестов важен для того, чтобы в процессе перевода непрерывной русской жестовой речи на русский вербальный язык не принять жесты с изменениями за новые языковые единицы, чтобы сделать перевод более точным и адекватным, разработать модель обучения нейронных систем переводу с РЖЯ на русский звучащий язык.

2. Подходы к распознаванию жестовой речи с учетом комбинаторных изменений параметров жестов

В [3] приведен обзор работ, связанных с выделением эпентезы в мировых жестовых языках. Основная идея заключается в выделении признаков начала следующего жеста или паузы в речи. Это могут быть состояние покоя говорящего, положения рук, взгляда и т.п. [6]. Применяют также приемы вычленения «быстрых» и «медленных» движений в видео потоке. Если процесс жестовой речи свести к анализу последовательности выявленных компонент (конфигурация-ориентация ладони, локализация, траектории рук и характер движения, немануальные компоненты), то каждое такое событие является «кандидатом» на начало распознавания следующего жеста. При этом может оказаться, что процесс нового поиска окажется запущенным, пока не окончен предыдущий. Подобный подход к распознаванию жестовой речи является достаточно трудоемким. Представляется, что его можно модернизировать с введением функции принадлежности (или некоторой вероятности) каждого события к началу нового жеста. В этом случае, алгоритм распознавания нового жеста можно запускать только после некоторых, наиболее вероятных событий. Другой подход состоит в выделении всех элементов жестовой речи – собственно жестов, состояния покоя говорящего, комбинаторных изменений жестов и эпентезы. В этом случае необходимо расширить Датасет для распознавания жестов и другими элементами, связанными с комбинаторными изменениями жестов. На данный момент сложно оценить необходимый объем дополнений. С учетом большого числа

типов комбинаторных изменений жестов, он может оказаться значительным.

Заключение

Сформулированы основные проблемы в области систем компьютерного сурдоперевода русского жестового языка. Приведены примеры исполнения языковых единиц, иллюстрирующих такие типы комбинаторных изменений параметров жестов, как выпадение движения, ассимиляция конфигурации, персеверация, антиципация и метатеза. Предложены два подхода к распознаванию непрерывной жестовой речи, связанных с последовательным перебором событий-кандидатов на начало исполнения последующего жеста и с полным выявлением элементов речи – собственно жестов, состояния покоя говорящего, комбинаторных изменений параметров жестов и эпентезы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант РФФИ ИНД_а № 19-57-45006).

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. Elakkiya, R. Recognition of Russian and Indian sign languages used by the deaf people / R. Elakkiya [и др.] // Научный вестник НГТУ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – № 2–3 (79). – С. 57–76.

4. Лингвистический энциклопедический словарь / Гл. ред. В. Н. Ярцева. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – 683 с.

5. Введение в лингвистику жестовых языков. Русский жестовый язык: учебник / Коллектив авторов: ред. С. И. Буркова и В. И. Киммельман. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 356 с.

6. Кебец, П. Л. Маркеры перехода хода в дискурсе русского жестового языка / Материалы Седьмой Конференции по типологии и грамматике для молодых исследователей (г. Санкт-Петербург, 4-6 ноября 2010 г.). – СПб.: Наука, 2010. – С. 75-80.

Применение методов машинного обучения в задаче анализа когорт пациентов с атеросклерозом артерий конечностей

М. В. Демченко , email: mariademchenko94@gmail.ru
И. Л. Каширина, email: kash.irina@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение методов понижения размерности и кластеризации с целью выделения и анализа основных когорт пациентов с установленным диагнозом атеросклероз артерий конечностей. В качестве метода понижения размерности был использован метод t-SNE, кластеризация пациентов по медицинским показателям была проведена с помощью алгоритма кластеризации k-medoids. В качестве исходного набора данных была использована выборка базы данных MIMIC-III, предоставляющая различные клинические, лабораторные и др. факторы состояния здоровья пациентов. Результатом проведенного анализа является набор основных кластеров состояния пациентов, с помощью которого возможно выделить основные закономерности, свойственные для пациентов, страдающих данным заболеванием.*

Ключевые слова: *Машинное обучение, t-SNE, k-medoids, MIMIC-III, атеросклероз артерий конечностей, кластеризация, понижение размерности.*

Введение

Имеющийся в настоящее время в свободном доступе набор информации медицинского характера предоставляет ряд возможностей для исследования хода течения и особенностей различных заболеваний.

Одним из широко используемых ресурсов электронной медицинской информации является база данных MIMIC-III [1], содержащая информацию о поступлениях пациентов в отделение интенсивной терапии медицинского центра в Бостоне с 2001 по 2012 гг. При этом одним из наиболее частых диагнозов, установленных у пациентов, является такое заболевание, как атеросклероз, что свидетельствует о том, что всестороннее исследование данного диагноза является крайне актуальной задачей современной медицины.

Целью данной работы является поиск основных кластеров пациентов с диагностированным атеросклерозом артерий конечностей, с

© Демченко М. В., Каширина И. Л., 2021

последующим анализом и выявлением основных закономерностей течения данного заболевания.

1. Описание исходной выборки

Данная работа является продолжением решения задачи диагностики атеросклероза, поставленной в рамках исследования [2,3] ВОКБ №1. В рамках проведенного исследования была построена модель диагностики атеросклероза артерий конечностей с использованием набора данных пациентов Богучарского района Воронежской области, прошедших диспансеризацию в 2014 г. [4,5] Среди исходных показателей пациентов выделялись группы гемодинамеческих, антропометрических, социально-демографических, клинических и лабораторных признаков, с высокой вероятностью являющихся достоверными предикторами атеросклероза. Однако недостатком используемой региональной выборки являлся малый объем, т.к. изучаемый набор данных содержал данные о показателях 522 пациентов.

С целью устранения данного недостатка для продолжения исследования данного заболевания, была использована выборка данных MIMIC-III, содержащая записи измерений показателей пациентов с диагностированным атеросклерозом за весь период их госпитализации.

Данная выборка содержит 22522 записи, описывающих состояние пациента по более, чем 70 показателям, относящихся к различным категориям. Используемые признаки перечислены в таблице 1.

При этом для ряда исследуемых признаков были введены дополнительные признаки, информирующие об отклонении от нормы исходных измерений. Таким образом, фиксировались отклонения каждого из исследуемых лабораторных признаков, а также повышенные или пониженные значения частоты сердцебиения, артериального давления, частоты дыхания, насыщенности крови кислородом.

В ходе данной работы требовалось выделить основные кластеры, характеризующие состояние пациентов с диагностированным атеросклерозом, а также проанализировать основные закономерности, обнаруженные в построенных кластерах.

2. Модели и методы

Задача кластеризации представляет собой задачу машинного обучения, позволяющие выделить сходные группы объектов (кластера) в исходном наборе данных. Данный тип задач представляет собой задачу обучения без учителя и является инструментом описательной статистики, что позволяет выявить значимые закономерности в исследуемой выборке.

Записи исходного набора данных, в общем случае, представляют собой вектора высокой размерности, что зачастую усложняет решение задачи кластеризации таких объектов. Подходом, обеспечивающим оптимальную работу алгоритмов кластеризации, является предварительное понижение размерности, в результате которого исходные объекты преобразуются в объекты малой размерности, благодаря чему становится возможным их последующая интерпретируемая кластеризация с возможностью визуализации в двухмерном или трехмерном пространствах.

Таблица

Основные признаки исходного набора данных

Категория признаков	**Признаки**
Гемодинамические	АД (артериальное давление), ДАД (диастолическое АД), САД (систолическое АД), ЦВД (центральное венозное давление) частота сердцебиения, частота дыхания, SpO2 % и др.
Лабораторные	Глюкоза, холестерин, кальций, гемоглобин, магний, фосфаты, тромбоциты, лейкоциты, эритроциты, натрий, калий и др.
Антропометрические	Рост, вес, пол, возраст
Социально-демографические	Семейное положение, тип страховки
Клинические	Тип оказываемой медицинской услуги, тип атеросклероза (с перемежающейся хромотой, с болью в состоянии покоя, с изъязвлением, с гангреной, без указания симптомов и др.), время пребывания в госпитале

Одним из современных алгоритмов понижения размерности является алгоритм t-SNE (Л. ван дер Маатен, Д. Хинтон, 2008 [6]).

Алгоритм понижения размерности t-SNE.

Шаг 1. Входные данные: исходная выборка $X = \{x_1, x_{3,}, ..., x_n\}$, параметр функции потерь $Perp$, количество итераций T, скорость обучения η, момент $\alpha(t)$.

Шаг 2. вычислить попарное сходство $p_{j|i}$ с перплексией $Perp$ (1).

$$p_{j|i} = \frac{\exp\left(-\left\|x_i - x_j\right\|^2 / 2\sigma_i^2\right)}{\sum_{k \neq i} \exp\left(-\left\|x_i - x_j\right\|^2 / 2\sigma_i^2\right)} \quad (1)$$

Шаг 3. Установить $p_{ij} = \left(p_{j|i} + p_{i|j}\right) / 2n$.

Шаг 4. Инициализировать $Y(0) = \{y_1, y_3, ..., y_n\}$ точками нормального распределения.

Шаг 5. Для t от 1 до T:

Вычислить сходство точек в пространстве отображения q_{ij} (2);

$$q_{ij} = \frac{\exp\left(1 + \left\|y_i - y_j\right\|^2\right)^{-1}}{\sum_{k \neq l} \exp\left(1 + \left\|y_k - y_l\right\|^2\right)^{-1}} \quad (2)$$

Вычислить градиент $\partial Cost / \partial y_i$ (3);

$$\frac{\partial Cost}{\partial y_i} = 4\sum_j (p_{ij} - q_{ij})(y_i - y_j)\left(1 + \left\|y_i - y_j\right\|^2\right)^{-1} \quad (3)$$

Установить (4);

$$Y(t) = Y(t-1) + \eta \frac{\partial Cost}{\partial y} + \alpha(t)(Y(t-1) - Y(t-2)) \quad (4)$$

В качестве алгоритма кластеризации в данной работе был выбран метод k-medoids [7].

Алгоритм кластеризации k-medoids.

Шаг 1. Случайным образом выбрать первую центральную точку C_1.

Шаг 2. Вычислить расстояние всех точек набора данных до выбранного центроида. Расстояние от точки x_i до наиболее удаленного центроида вычисляется по формуле (5), где m - число уже выбранных центроидов.

$$d_i = max_{j:1a\ m} \left\|x_i - C_j\right\|^2 \quad (5)$$

Шаг 3. Выбрать точку x_i в качестве нового центроида.

Шаг 4. Повторять шаги 2,3 до тех пор, пока не будут найдены k центроидов.

Шаг 5. Для каждой точки набора данных, вычислить евклидово расстояние между точкой и всеми центроидами. Точка будет определена к кластеру, соответствующему ближайшему центроиду.

Шаг 6. Для каждой из $m-1$ точек кластера, не являющихся центроидами, поменять местами текущий центроид и выбранную точку. Выбрать в качестве нового центроида точку, минимизирующую функцию потерь (6).

$$M_1, M_1, ..., M_1 = argmin \sum_{i=1}^{k} \sum_{x \in S_i} \left\| x - M_i \right\|^2 \quad (6)$$

При этом качество алгоритма k-medoids возможно оценить с помощью метрики силуэтного анализа (7).

$$Silhoutte \quad Analysis = \frac{b^i - a^i}{max(b^i, a^i)} \quad (7)$$

3. Результаты и их обсуждение

В результате проведенных этапов понижения размерности и кластерного анализа было выделено 10 основных кластеров пациентов.

Данное число является оптимальным, согласно результатам проведенного силуэтного анализа (рис. 1).

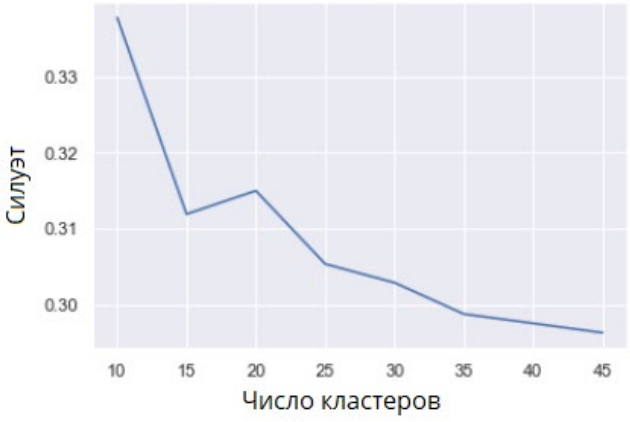


Рис. 1. Результат кластеризации состояний пациентов

Визуализация результатов кластеризации представлена на рис. 2.



Рис. 2. Результат кластеризации состояний пациентов

Рис. 3 иллюстрирует характеристику центральных объектов полученных кластеров.

	Пол	Вес, кг	ЧСС, уд./мин	Частота дыхания, вд./мин	Время пребывания	Креатинин, мг/дл	Глюкоза, мг/дл	SpO2 %
1	М	78	66.0	11.0	4.1068	1.4	230	96.0
2	Ж	45	68.0	18.0	26.2336	0.4	120	99.0
3	М	100	105.0	27.0	26.8417	0.9	123	99.0
4	Ж	51	83.0	25.0	5.5867	1.3	240	89.0
5	М	108	74.0	24.0	25.9041	0.9	111	95.0
6	М	67	80.0	16.0	14.5210	0.8	114	99.0
7	Ж	65	96.0	20.0	4.6652	0.9	99	96.0
8	М	46	86.0	9.0	3.2958	0.5	126	100.0
9	Ж	49	96.0	14.0	0.5263	0.7	166	92.0
10	Ж	45	66.0	23.0	26.2336	0.5	137	98.0

Рис. 3. Характеристика центральных объектов полученных кластеров

Рис. 4 отражает сводную информацию о полученных кластерах, включая число умерших пациентов к кластере, число отклонений от нормы таких показателей, как креатинин, глюкоза, частота сердцебиения, артериальное давление. На основании данной информации возможно сделать ряд следующих выводов.

Выделяется группа пациентов (кластер № 6), страдающих повышенным артериальным давлением, и при этом относительно невысоким числом отклонений других показателей. Данный кластер связан с высокой смертностью пациентов.

Пониженная или пониженная частота сердцебиения ассоциированы с кластерами № 9 и № 7, соответственно, в которых наблюдается высокая смертность пациентов.

Выделяется группа пациентов с относительно низким числом отклонений показателей от нормы (кластер № 8) и высокой выживаемостью.

Повышение уровня глюкозы или креатинина в крови отрицательно влияет на выживаемость при условии того, что отклонения остальных показателей от нормы зафиксированы относительно нечасто (кластера № 1 и № 4).

	Размер кластера	Число умерших пациентов	Креатинин [Показатель вне пнормы]	Глюкоза [Показатель вне нормы]	Частота сердцебиения [Повышенная]	Частота сердцебиения [Пониженная]	Артериальное давление [Повышенное]	Артериальное давление [Пониженное]
1	2105	680	1066.0	1669.0	49	5	555	60
2	2365	1030	809.0	1183.0	226	179	407	189
3	2149	186	536.0	1307.0	13	0	423	92
4	2199	810	1223.0	1009.0	14	6	526	152
5	2451	813	876.0	1090.0	18	65	868	138
6	2282	1687	846.0	1004.0	16	0	1067	19
7	2072	901	867.0	975.0	7	292	801	284
8	2195	91	114.0	1183.0	27	0	869	28
9	2157	1740	887.0	1050.0	134	60	34	70
10	2547	1551	1013.0	1179.0	96	6	472	154

Рисунок. Результат кластеризации состояний пациентов

Заключение

В результате данной работы был проведен кластерный анализ пациентов базы данных MIMIC-III, страдающих таким заболеванием, как атеросклероз артерий конечностей.

Данные результаты позволили выявить основные когорты пациентов и выявить основные закономерности изучаемого набора данных.

Список литературы

1. Johnson, A., Pollard, T., Shen, L. et al. MIMIC-III, a freely accessible critical care database. Sci Data 3, 160035 (2016). https://doi.org/10.1038/sdata.2016.35

2. Demchenko, M.V., Kashirina, I.L.: The development of the atherosclerosis diagnostic models under conditions of unbalanced classes. J. Phys.: Conf. Ser. 1479 012026 (2020).

3. Lvovich Y.E., Kashirina I.L., Demchenko M.V. The Use of Machine Learning Methods to Study Markers of Atherosclerosis of the Great Arteries. Information technology 26(1), 46-55 (2020).

4. Khokhlov, R.A., Gaydashev, A.E., Akhmedzhanov N.M.: Predictors of atherosclerotic lesions of limb arteries according to cardioangiological screening of the adult population. Rational Pharmacotherapy in Cardiology 11(5), 470-476 (2015).

5. Khokhlov, R.A., Gaydashev, A.E., Ostroushko N.I., Gaydashev A.E.: Multi-channel volume sphygmography in cardioangiological screening of the adult population. Rational Pharmacotherapy in Cardiology 11(4), 371-379 (2015).

6. L.J.P. van der Maaten and G.E. Hinton. Visualizing High-Dimensional Data Using t-SNE. Journal of Machine Learning Research 9(Nov):2579-2605, 2008.

7. Reynolds A.P., Richards G., Rayward-Smith V.J. (2004) The Application of K-Medoids and PAM to the Clustering of Rules. In: Yang Z.R., Yin H., Everson R.M. (eds) Intelligent Data Engineering and Automated Learning – IDEAL 2004. IDEAL 2004. Lecture Notes in Computer Science, vol 3177. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-28651-6_25

Применение методов машинного обучения для классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Ш. К. Кадиев , email: kadiev_s@inbox.ru
Р. Ш. Хабибулин, email: kh-r@yandex.ru

Академия Государственной Противопожарной службы МЧС России

Аннотация. *В данной работе рассматриваются общие методы машинного обучения, а также представлена процедура машинного обучения для решения задачи классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.*

Ключевые слова: *Машинное обучение, классификация, чрезвычайные ситуации, алгоритм, техносферная безопасность.*

Введение

Ежегодно на территории Российской Федерации и по всему миру происходит большое количество чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) как природного, так и техногенного характера. Например, в 2019 году было зарегистрировано 260 ЧС, а в 2020 их число увеличилось почти на 30%.

Актуальность применения машинного обучения для классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в первую очередь, связана с большим количеством пострадавших от ЧС. В данный момент отсутствует ранжированная система, которая определяла бы количество сил и средств, необходимых для ликвидации ЧС, а также перечень работ, проводимых по ликвидации. Для составления ранжированной системы, необходимо использование методов машинного обучения.

На сегодняшний день на законодательном уровне закреплена классификация ЧС Постановлением Правительства РФ от 21 мая 2007 года № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

В таблице представлена классификация в соответствии с Постановлением Правительства. Данная классификация построена на основе следующих критериев [1]:

- границы чрезвычайной ситуации
- количество погибших, пострадавших
- материальный ущерб

© Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш., 2021

Таблица

Классификация ЧС

Виды ЧС	Территориальная принадлежность	Количество погибших, пострадавших	Материальный ущерб
Локального характер	Территория организации (объекта)	Не более 10 человек	Не более 240 тыс. рублей
Муниципального характера	Территория одного муниципального образования	Не более 50 человек	Не более 12 млн. рублей
Межмуниципального характера	Территория двух и более муниципальных образований	Не более 50 человек	Не более 12 млн. рублей
Регионального характера	Территория одного субъекта РФ	От 50 до 500 человек	От 12 млн. до 1,2 млрд. рублей
Межрегионального характера	Территория двух и более субъектов РФ	От 50 до 500 человек	От 12 млн. до 1,2 млрд. рублей
Федерального характера	-	Свыше 500 человек	Свыше 1,2 млрд. рублей

1. Перечень методов машинного обучения

Исходя из анализа рассмотренных критериев, описывающих ЧС, можно сделать вывод, что практическое значение для реагирующих на ЧС подразделений классификация не несет. Актуальным будем классифицировать ЧС таким образом, чтобы было понятно: какой объем аварийно-спасательных и других неотложных работ необходимо провести, какое количество сил и средств необходимо привлечь для ликвидации ЧС и другие вопросы, возникающие в ходе ликвидации ЧС. Помимо этого, классификация будет полезна и для лиц принимающих решения, находящихся в оперативно-дежурных сменах МЧС России.

Для составления данной классификации возможно применять методы машинного обучения. Если говорить об обучении с учителем, то не существует универсального алгоритма, который бы решал разные задачи одинаково успешно. Эффективность алгоритма зависит от множества факторов, поэтому предлагается рассмотреть наиболее популярные алгоритмы машинного обучения.

В рамках проводимой научно-исследовательской работы рассмотрены и изучены основные методы машинного обучения:

Линейная регрессия. Представляет собой уравнение, описывающие прямую, которая показывает взаимосвязь между входными данными и выходными.

Деревья принятий решений представляют собой узлы корневые и листовые, где листовые узлы являются выходными переменными, которые используются для предсказания. Предсказания производятся путём прохода по дереву к листовому узлу и вывода значения класса на этом узле.

Байесовский классификатор. Алгоритм состоит из двух типов вероятностей: вероятность каждого класса, условная вероятность для каждого класса при каждом значении x. Байесовский классификатор предполагает, что входные переменные независимы, однако алгоритм полезен для ряда задач классификации.

Логическая регрессия используется для решения задач бинарной классификации, те задачи, в которых выходные данные относятся к одному из двух классов. Функция преобразовывает любое значение в число от 0 до 1.

Дискриминантный анализ в основном используется, когда классов больше, чем 2. Прогноз высчитывается путем вычисления дискриминантного анализа для каждого класса и выбора класса с наибольшим значением. Для задач классификации алгоритм эффективен.

2. Процедура машинного обучения

После краткого рассмотрения основных алгоритмов, опишем порядок процедуры машинного обучения. Смысл машинного обучения заключается в том, чтобы «выучить» алгоритм решения задачи из данных исходя из этапов обучения, а не программировать его вручную, учитывая большой объем данных [2]. Существуют 4 вида машинного обучения:

- обучение с учителем;
- обучение без учителя;
- обучение с частичным привлечением учителя;
- обучение с подкреплением

Классификация относится к такому виду машинного обучения, как обучение с учителем. Существуют различные подходы к описанию порядка процедуры машинного обучения для классификации. Нами предложена процедура, состоящая из 5 этапов, процедура представлена на рисунке. Порядок процедуры машинного обучения для классификации ЧС природного и техногенного характера:

- подготовка, обработка данных
- извлечение данных

– разделение на обучающую и тестовую выборку
– подбор необходимых алгоритмов
– обучение

Необходимо отметить, что массив данных представляет собой выделенные критерии из уже произошедших чрезвычайных ситуаций. Данные будут представляться в табличном виде, после выделения и обработки данных из таблиц, они будут обучаться и, как результат, делиться на классы.

Первый и второй этапы включают в себя получение данных, выделение основных признаков. После получения основных признаков необходимо обработать данные для дальнейших действий.

Третий этап заключается в разделении данных на обучающую и тестовую выборку.

Четвертый этап состоит в поиске необходимых алгоритмов под имеющуюся задачу. Об основных видах алгоритмов под задачи классификации описано выше.

После подбора необходимых алгоритмов идет пятый этап – обучение. Обучение происходит за счет разделения данных на выборки. Точность полученных результатов определяется в тестовой выборке.

Графически порядок процедуры машинного обучения изображён на рисунке.

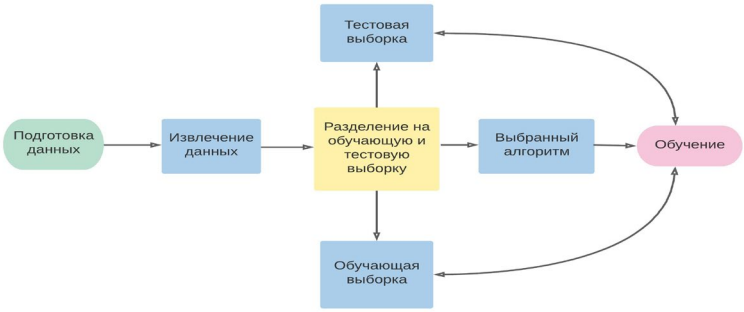


Рисунок. Порядок процедуры машинного обучения

Заключение

Использование методов машинного обучения для классификации ЧС значительно облегчит работу как лицам, принимающим решения, так и непосредственно реагирующим подразделениям на ликвидацию чрезвычайной ситуации.

В работе рассмотрены основные алгоритмы, используемые для классификации в машинном обучении. Следует отметить, что

невозможно использование одного алгоритма, для получения эффективных и точных данных необходимо пробовать несколько алгоритмов, соответствующих задаче. Также, в настоящее время ведется работа по созданию базы данных, по применению экспертных данных и баз знаний и систем поддержки принятия решений должностным лицам центров управления в кризисных ситуациях МЧС России [3].

Список литературы

1. Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

2. Машинное обучение. Наука и искусство построение алгоритмов, которые извлекают знания из данных / П. Флах, пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.; Изд-во ДМК «Пресс». – 2015. – 15 с.

3. Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш., Годлевский П. П., Семиков В. Л. Обзор исследований в области классификации для машинного обучения при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – Вып. 3 (89). – С. 20-29. DOI: 10.25257/TTS.2020.3.89.20-29

К компьютерному моделированию варьирования русского корня

А. А. Кретов, email: *kretov@rgph.vsu.ru*
О. Г. Артемова,
А. С. Шудрикова

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматриваются различные аспекты проблемы компьютерного анализа и синтеза вариативности русского корня.*

Ключевые слова: *Обработка текстов на естественном языке, русские корни, чередования фонов, полифоны, претезы, посттезы, фузиаты.*

Введение

Одной из существенных составляющих искусственного интеллекта (ИИ) является ОТЕЯз – Обработка Текстов на Естественном Языке (Natural Language Processing, NLP) – совместное направление компьютерных наук и математической лингвистики. Применительно к ИИ *анализ* текстов на естественном языке означает их понимание, т.е. переход от формы к содержанию, а *синтез* текстов на естественном языке – порождение их, т.е. переход от содержания к форме. Решение этих проблем необходимо для создания оптимальной формы взаимодействия компьютера и человека.

Одна из главных проблем ИИ и компьютерной лингвистики в целом связана с тем, что компьютер работает только с формой, а человека интересует, главным образом, содержание текстов. Поскольку естественному языку свойственна формально-содержательная асимметричность, проблема ОТЕЯза, а тем самым – и ИИ состоит в её преодолении.

Существуют разные подходы к формализации языка. Едины они лишь в одном: язык состоит из словаря и грамматики. Различие в подходах заключается в предпочтении, отдаваемому *словарю* как декларативной части алгоритма или *грамматике* как его операционной части.

Предпочтение *декларативной* части можно назвать «американским» или «голливудским» подходом, основывающемся на принципе «сила есть – ума не надо», предпочтение *операционной* части

© Кретов А. А., Артемова О. Г., Шудрикова А. С., 2021

можно назвать «русским» или «суворовским» подходом, исповедующим принцип «воюй не числом, а уменьем».

Оба подхода особенно ярко проявляются при решении вопроса о моделировании словаря. При *голливудском* подходе словарь задается списком, при *суворовском* списком задаются только корни и прочие значимые части слов (морфемы). Кстати говоря, впервые такое решение было применено в IV в. до н.э. индийским лингвистом Па́нини в его книге «Дхату-патха» (санскр. धातुपाठः dhātupāṭha – образовано из двух слов *дхату*: धातु «элемент, корень слова» и *патха*: पाठ означает «чтение» или «урок»). При этом оказывается, что более 300 000 слов санскрита, содержащиеся в самом полном санскритско-немецком словаре, образованы от 3 689 корней, выделенных методами Панини и обобщенных в 580 корней европейскими учеными [1]. По своему богатству русский язык не уступает санскриту, поэтому описывать лексику русского языка целесообразнее в виде исчисления.

Но и корни, сочетаясь с окончаниями, суффиксами и приставками, не остаются неизменными. И описывать варьирование их формы также целесообразно не в виде списка, а в виде исчисления.

Для этого необходимо иметь набор исходных элементов (фонем) и правил их преобразования в наблюдаемый в речи морф в зависимости от позиции, в которой находится корень (как морфема) с составляющими его форму фонемами.

Таким образом, нам необходимо установить множество фонем, из которых складываются корни в русском языке, и множество правил преобразования фонем в реальные звуки речи.

В готовом виде такая информация нигде не представлена, поэтому наша задача состоит в том, чтобы извлечь её из имеющихся описаний корней русского языка.

1. Методология исследования

Наиболее подходящим источником такой информации является «Словарь морфем русского языка» А.И. Кузнецовой и Т.Ф. Ефремовой. (М.: Русский язык, 1986 далее [СМоРЯ-1986]), в котором в явном виде даны корневые морфы, сведенные в морфемы [2]. И хотя в этом словаре отсутствует информация о фонемном составе корневых морфем (членение слов осуществляется в орфографической записи), имеющейся в нем информации достаточно для того, чтобы эти фонемы выявить. При установлении фонемного состава корневых морфем мы исходим из принципов, сформулированных в книге [3].

Так, например, один из корней в [СМоРЯ-1986] имеет 8 морфов: *лаг* (*возЛАГать*), *лег* (*ЛЕГла*), *лёг, лог* (*заЛОГ, наЛОГ, подЛОГ*), *леж*

(*ЛЕЖит*), *лёж* (*поЛЁЖивал*), *ложь* (*поЛОЖит*) и *леч* (*ЛЕЧь*). При этом сам корень представляют только первые 7 морфов. Из них три последних отличаются только звуком /ж/, который в позиции перед гласными переднего ряда (/и/, /е/) представляет фонему {Г}. Иными словами, звук /ж/ – это фонема {Г} перед {И-Е} на суффиксальном стыке, т. е. /ж/ в функции {Г}, сокращённо – /ж/^{г}. Правило этой трансформации корня можно записать следующим образом: если {Г} на суффиксальном стыке находится перед {И/Е}, то {Г} => /ж/.

Правило преобразования /лег/ > /лёг/ можно записать следующим образом: если {Е} находится под ударением перед твёрдым согласным, то {Е} => /’ó/ (т.е. реализуется в виде /о/-смягчающего).

Правило преобразования /лог/ > /лаг/, описывается так: перед ударным суффиксом =á, гласный корня «удлиняется» в /а/: если {О} перед =á, /о/ => /а/.

Что касается чередования *лег* ~ *лог*, то оно восходит к праиндоевропейской древности и описывается правилом: если слово с корнем *л(е/о)г-* находится в предложении позиции сказуемого (и, соответственно, выполняет его функцию), то корень реализуется морфом *лег-*, если нет, то – морфом *лог-*. Поскольку и в форме *подлёг*, и в форме *подлог* меняется не значение корня, а его грамматическое значение: глагол / имя, то чередование /е~о/ является не чередованием фонем, которые различают морфемы, а чередованием фонов, представляющих одну **гиперфонему**: {œ}.

Что касается сегмента *леч-*, то он представляет как минимум две материально выражаемые морфемы: корень *лег-* и суффикс инфинитива *-ть* (ср. *бы=ть, да=ть*): в соответствии с законом восходящей звучности сочетание /гт’/ в слоге **леГ=Ть* (4522) реализуется в виде *леч-* (462). При этом звук /ч/ представляет сразу две фонемы: {Г} корня и {Т} суффикса инфинитива; сокращенно: /ч/^{гт}. Такие бифункциональные звуки мы называем *бифонами* (т.е. бифункциональными фонами) и рассматриваем отдельно. Как целое, (например, *стол*) нельзя сопоставлять с его частями (*ножкой* или *столешницей),* так и *бифон* – целостное представление двух фонем нельзя сопоставлять с *фонами* – отдельными и независимыми представлениями его частей.

Процесс слияния фонов, представляющих фонемы соседних морфем, в один звук называют *фузией* (**ФУЗИЯ** (лат. *fusio* «слияние») «Тесное морфологическое соединение изменяемого корня с аффиксами, приводящее к стиранию границ между морфемами» [Ахманова 1966:515]), а результат *фузии* – неразрывно сплавившиеся морфы соседних морфем можно было бы назвать *фузиатом* – по аналогии с

предикация – предикат, фабрикация – фабрикат, концентрация – концентрат, конденсация – конденсат, дистилляция – дистиллят.

Таким образом, все семь морфов корня: *лег-, леж-, лёг-, лёж-, лог-, ложˉ лаг-,* и **фузиат** *лечˉ* закономерным и строго формализуемым образом выводятся из единого глубинного, т.е. фонемного представления {ЛŒГ}.

Строго формализуемый порядок варьирования корня позволил также обнаружить ещё не описанное в русистике явление. Если наряду с понятием (конкретный) *корень* ввести понятие *Корень* (вообще) – как системное обобщение формальных свойств всех русских корней, то обнаруживается, что ***Корень* в русском слове имеет две факультативные позиции: ничего не меняющий звук перед ним** (например, *ОСЬМушка ~ **в**ОСЬМушка; КОРа ~ **с**КОРняк*) **и ничего не меняющий звук после него**: например, *страд*()*-ать, стра(д>**ø**)-**х*** и *стра(д>**с**)-**т**ь*. По аналогии с терминами *протеза-эпентеза*, эти факультативные звуки, не нарушающие тождества и не меняющие семантики корня, можно назвать **претезой** и **посттезой**. По-видимому, это свойство русского корня имеет архаичный характер: так, например, русскому ***с**трах* в лужицком соответствует *trach*, а русскому ***с**традать* – луж. *tradać)*. Эти факты позволяют нам (по крайней мере, для праславянского языка) считать /с/ этого корня *претезой*. Под определение *претезы* подходит и S-mobile праиндоевропейского языка.

Учет *претез* и *посттез* при изучении варьировании корня важен для того, чтобы не приписывать им статуса фонов – представителей фонем в речи. Те и другие являются несистемными спорадическими явлениями, как правило, древнего происхождения, и должны задаваться списком.

2. Исследование

Для формального определения состава и звукового варьирования русских корневых морфем, представленных в СМоРЯ-1986, проведено их позиционное упорядочивание, позволившее осуществить автоматизированное выявление чередований, составляющих фактологическую базу исследования количества и качества фонем в современном русском языке. Пример позиционного распределения фонов в корневых морфах представлен в Табл. 1.

Таблица 5

Распределение фонов в корневых морфах

№	Корень в словаре	морфы	П1	П2	П3	П4	П5
1	ко́пот	ко́пот	к	о́	п	оъ	т
2	(ка́пч,	кАпøч	к	а́о	п	øъ	чтй
3	копт,	копøт	к	о	п	øъ	т
4	копч)	копøч	к	о	п	øъ	чтй

При определении позиций фонов в морфах соблюдается принцип максимального совпадения фонов. Во всех четырех морфах наблюдается совпадение в позициях 1 и 2. В строках 1 и 3 фоны совпадают и в позиции 5. ***Ч*** в П5 (строки 2, 4) является **бифоном *Ч^{mй}***, а сегменты *капч-*, *копч-* – **фузиатами**. В позициях П2 и П4 наблюдаем ряды чередований *о́:а́:о*, свидетельствующий о фонеме {О}, и *о:ø*, свидетельствующий о фонеме {Ъ} (О-беглом). Разнодлинные корни указывают на наличие в корне чередования ненулевых фонов с нулем звука. Автоматизация анализа чередований в корне обеспечивается превращением разнодлинных корней в равнодлинные. С этой целью применяется ручная вставка символа ø, соответствующего нулевому альтернанту.

Выявление чередований осуществляется с помощью таблиц MS Excel и их встроенных функций. Алгоритм анализа базы данных СМоМЯ-86 включает:

– разбиение корней, упорядоченных по числу алломорфов в морфеме, на соответствующие множества: от 2 до 8;

– анализ на отдельном листе таблиц MS Excel каждого множества отдельно с соблюдением последовательности анализа от меньшего множества к большему множеству (от двухморфных корней к восьмиморфным корням);

– для каждого морфа создаются столбцы, количество которых соответствует максимальному количеству букв. Столбцы для каждого морфа обозначаются своим цветом. В каждой ячейке каждого столбца соответствующего морфа размещается одна буква. Для заполнения ячеек используется функция ПСТР;

– после заполнения всех ячеек с помощью функции ЕСЛИ создаются 8 столбцов сравнений, обозначаемых с1, с2, с3, … с8. При совпадении значений в соответствующих позициях функция ЕСЛИ имеет значение 0, при несовпадении позиций – 1. Для определения

суммы значений столбцов в каждой строке создается отдельный столбец СумС;

– после сортировки данных в порядке возрастания по столбцу СумС и в порядке убывания по столбцам с1-с8, в столбцах с1-с8 убираются все 0;

– осуществляется отдельный анализ каждой позиции по следующему алгоритму (пример дан для 4-х морфных корней):

С1 – сравнение позиции Х морфемы 1 с позицией Х морфемы 2;

С2 – сравнение позиции Х морфемы 1 с позицией Х морфемы 3;

С3 – сравнение позиции Х морфемы 1 с позицией Х морфемы 4;

С4 – сравнение позиции Х морфемы 2 с позицией Х морфемы 3;

С5 – сравнение позиции Х морфемы 2 с позицией Х морфемы 4;

С6 – сравнение позиции Х морфемы 3 с позицией Х морфемы 4;

– обеспечить алфавитную последовательность фонов в чередовании.

В Таблице 2 представлены выявленные в русских корнях чередования гласных (V), согласных(С) и сонантов (S).

Таблица 6

Чередования гласных (V), согласных(С) и сонантов (S)

Черед	Раз	Тип	Черед	Раз	Тип	Черед	Раз	Тип
а:о	136	v	а:о:ы	4	v	е:ё:ь:ø	2	v
к:ч	129	c	е:и:о:ь	4	v	е:ё:о	2	v
е:ё	129	v	е:ё:ю	4	v	е:и:ø	2	v
г:ж	93	c	и:о:ь	4	v	ё:ø	2	v
о:ø	78	v	и:ø	4	v	о:е	2	v
е:ø	50	v	у:ø	4	v	б:с	1	c
и:ы	20	v	у:ю	4	v	к:т	1	c
д:ø	19	c	с:т:ø	3	c	к:ц:ч:ш	1	c
в:ø	15	s	в:ы	3	s	к:ч:щ	1	c
ц:ч	12	c	м:ø	3	s	к:ш	1	c
т:ø	11	c	ё:ь	3	v	с:т:ч	1	c
е:ё:ø	10	v	б:ø	2	c	т:ч:ø	1	c
е:о	9	v	г:ø	2	c	р:ø	1	s
е:ь	9	v	г:ж:ø	2	c	а:е:ё:и:о:ø	1	v
о:ы:ø	9	v	г:к	2	c	а:е:ё:и:о	1	v

Окончание таблицы 2

Черед	Раз	Тип	Черед	Раз	Тип	Черед	Раз	Тип
к:ø	8	c	д:с:ø	2	c	а:е:ё:и:я	1	v
и:о:ø	7	v	д:т:ø	2	c	а:е:и:о:ø	1	v
н:ø	6	s	з:ø	2	c	а:е:о:ø	1	v
а:о:ø	6	v	к:т:ц:ч	2	c	а:е	1	v
е:и:о:ø	6	v	к:ц	2	c	е:ё:и:ø	1	v
к:ч:ø	5	c	к:ц:ч	2	c	е:ё:и:о	1	v
а:е:о	5	v	п:ø	2	c	е:ё:о:ø	1	v
е:о:ø	5	v	с:ø	2	c	е:и:о	1	v
о:ы	5	v	с:т:ч:ø	2	c	е:ы:ø	1	v
г:ж:з:ø	4	c	а:е:и:ø	2	v	е:и	1	v
г:ж:ч	4	c	а:и:о:ø	2	v	и:й:ы	1	v
д:с	4	c	а:и:о:ь	2	v	и:й	1	v
к:т:ø	4	c	а:и:ø	2	v	о:у:ы	1	v
с:т	4	c	а:и:о	2	v	о:у	1	v
а:е:ё:о	4	v	е:ё:и:о:ø	2	v	у:ы	1	v

Анализ данных из Таблицы 2 свидетельствует о том, что в русских корнях преобладает чередование гласных. Таких чередований выявлено 558. Почти вдвое меньше случаев чередования у согласных фонем – 333. Чередование сонантов отмечено в 28-ми случаях. Из 90 представленных комбинаций фонов наиболее частотными являются следующие: *а:о* (134), *к:ч* и *е:ё* (129). Замыкают пятерку самых частотных чередований *г:ж* (93), *о:ø* (78) и *е:ø* (50). Высокочастотными также являются чередования *и:ы* (20), *д:ø* (19), *в:ø* (15), *ц:ч* (12), *т:ø* (11), *е:ё:ø* (10), *к:ø* (8), *и:о:ø* (7). Большинство представленных в Таблице 2 чередований – 25 встретилось по одному разу. Среди них преобладают чередования гласных фонов, составляющие 17 комбинаций. Это – *а:е:ё:и:о:ø, а:е:ё:и:о, а:е:ё:и:я, а:е:и:о:ø, а:е:о:ø, а:е, е:ё:и:ø, е:ё:и:о, е:ё:о:ø, е:и:о, е:ы:ø, е:и, и:й:ы. и:й, о:у:ы, о:у, у:ы.* Один раз встречается чередование сонанта с нулем звука – *р:ø.* Остальные 7 сочетаний представляют чередование согласных фонов: *б:с, к:т, к:ц:ч:ш, к:ч:щ, к:ш, с:т:ч, т:ч:ø.* Следующие 24 чередования встречаются по два раза. Среди них преобладают чередования согласных, включая 5 чередований согласного с нулем звука – 13: *б:ø, г:ø, г:ж:ø, г:к, д:с:ø, д:т:ø, з:ø, к:т:ц:ч, к:ц, к:ц:ч, п:ø, с:ø,*

с:т:ч:ø. Еще 11 чередований представляют чередования гласных, включая одно чередование гласной с нулем звука: *а:е:и:ø, а:и:о:ø, а:и:о:ь, а:и:ø, а:и:о, е:ё:и:о:ø, е:ё:ь:ø, е:ё:о, е:и:ø, ё:ø, о:е.* Следующую по численности группу составляют чередования, встретившиеся 4 раза. Среди них также преобладают чередования гласных, включая два чередования с нулем звука – 8: а:е:ё:о, а:о:ы, е:и:о:ь, е:ё:ю, и:о:ь, и:ø, у:ø, у:ю. Чередование согласных представляют следующие 5 сочетаний: *г:ж:з:ø, г:ж:ч, д:с, к:т:ø, с:т.* Две равноразмерные группы из четырех различных чередований встречаются по пять (*к:ч:ø, а:е:о, е:о:ø, о:ы*) и по три (*с:т:ø, в:ы, м:ø, ё:ь*) раза. Еще две равноразмерные группы представляют чередования, встретившиеся по 9 (*е:о, е:ь, о:ы:ø*) и по 6 (*н:ø, а:о:ø, е:и:о:ø*) раз. Первую группу составляют чередования гласных, вторую – два чередования гласных и одно чередование сонанта с нулем звука.

Что касается количества альтернантов, то здесь, безусловно, лидируют двучленные чередования – 43 сочетания, из которых альтернанты гласных фонов представлены 20-ью различными комбинациями, альтернанты согласных фонов – 18-ью, альтернанты сонантов – 5-ью. Из них чередование с нулем звука представлено 9 раз у согласных фона, у гласных – 5 раз, у сонантов – 4 раза. Следующими по числу альтернантов являются трехчленные чередования – 28: чередования гласных – 17, чередования согласных – 11. 15 четырехчленных чередований включают 11 комбинаций гласных и 4 комбинации согласных фонов. 4 пятичленных чередования и одно шестичленное чередование отмечены исключительно у гласных.

Заключение

Формально варьирование корня может быть подразделено на количественное, качественное и качественно-количественное.

В функциональном аспекте алломорфы можно подразделить на агглютинативные и фузионные.

Состав агглютинативных алломорфов обеспечивают аллофоны, связь фузионных алломорфов с соседними алломорфами обеспечивают полифоны (бифоны, трифоны, квадрофоны).

Массовое обследование чередований в корне обеспечивает выделение корней, представленных качественными алломорфами.

Для корректного определения позиций фонем в корне необходимо соблюдать ряд требований: 1) оптимально совмещать морфы, представляющие один корень; 2) при определении состава фонем исключать из рассмотрения последовательности, содержащие полифоны; 3) устранять метатезы и сдвиги звуков в речевой цепи с восстановлением дометатезной позиции; 4) перед определением

позиций в корне в позиции после букв, обозначающих гласные, и в абсолютном начале слова буквы Е, Ё, Ю, Я следует заменить на сочетание Й с Е, О, У или А, соответственно. Таким образом, моделирование фонемного состава морфем в слове обеспечивается исключительно применением фонематической, т.е. этимологической, транскрипции, что в полной мере соответствует сути фузионных языков, одним из которых и является русский язык.

Список литературы

1. Гасунс М. Ю. Состав и строй древнеиндийских корней: история изучения. – Автореф. … канд. филол. наук. – М., 2014. – 22 с.

2. Кузнецова А.И., Ефремова Т.Ф. Словарь морфем русского языка: Ок. 52 000 слов. – М.: Рус. яз, 1986. – 1136 с.

3. Кретов А.А. Системная русская фонемология : монография / А. А. Кретов; Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2020. – 198 с. – (Серия «Системная русская лингвистика»; Т. 1).

Предельный размер словаря писателя и фрактальная размерность его метакниги

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 описываются возможности измерения таких характеристик моноавторских корпусов текстов, как предельный размер словаря писателя и фрактальная размерность его метакниги. Рассматривается проблема практического расчета фрактальной размерности. Приводятся результаты расчетов для метакниг Л.Н. Толстого и Ф.М. Достоевского.*

Ключевые слова: *закон Хипса, самоподобие, фрактальность языка, фрактальная размерность.*

Введение

Во многих сферах научных исследований может быть применен аппарат нелинейной динамики. В частности, это можно сказать о принципе самоподобия и понятии фрактала. Можно сказать, что понятие фрактала в математике и физике закрепилось устойчиво. В других областях обнаружение эффектов самоподобия и возможность использования инструментов фрактальной теории достаточно разрозненны, хотя база выявленных фактов достаточно обширна. Мы предлагаем рассмотреть некоторые из достижений современной лингвистики с точки зрения теории фракталов. Фрактальные (рекурсивно-самоподобные) проявления в языке были замечены в лингвистических исследованиях (см., например, [1-4]). В основном речь идет о фиксации и словесном описании самоподобия в языке. Однако есть все основания рассматривать количественные характеристики фрактальности текстов.

1. Фрактальная размерность текста метакниги и способ ее оценки

В работе [5] предлагается уточнение закона Хипса (со ссылкой на [6]), согласно которому количество различных, уникальных слов, лемм

© Кретов А. А., Половинкина М. В., Половинкин И. П., Ломец М. В., 2021

(N), как функция от общего количества слов (словоупотреблений) в метакниге (M), имеет степенной порядок роста

$$\Theta(M^{\alpha}), \tag{1}$$

где $\alpha \in (0,1)$.

Далее предлагается рассматривать закон Хипса не как асимптотическую оценку, а как точную формулу с переменным показателем α и переписать его в виде

$$\alpha = \alpha(M) = \ln N / \ln M. \tag{2}$$

Это является основанием обратиться к аппарату, развитому в теории фракталов. В книге [7] описан следующий поход к понятию фрактальной размерности. Введем 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

$$\alpha_0 = -\lim_{l \to 0}(\ln N / \ln l) = \lim_{l \to 0}(\ln N / \ln(1/l)) \tag{3}$$

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 [5] положим

$$l = 1/M. \tag{4}$$

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

$$\alpha_0 = -\lim_{l \to 0}(\ln N / \ln l) = \lim_{M \to +\infty}(\ln N / \ln M) = \lim_{M \to +\infty} \alpha(M), \tag{5}$$

а число α_0, определенное формулой (4), назовем фрактальной размерностью текста.

Практическое вычисление числа α_0 по формуле (4), конечно, невозможно. 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 работы [5] 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 должны быть готовы отказаться от хронологической последовательности при рассмотрении совокупности произведений писателя. Важна лишь длина фрагмента метакниги. Однако не всегда речь идет о бессистемном перемешивании текстов входящих в метакнигу произведений. Предполагается, что в случае надобности возможна их конкатенация с соблюдением монотонности последовательности длин произведений, образующих метакнигу.

Авторы [5] 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. 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. Как известно, предел убывающей на промежутке функции в правом конце этого промежутка равен точной нижней грани функции на этом промежутке. Поэтому значение при максимальном значении в заданном диапазоне и следует считать наилучшим приближением верхней оценки фрактальной размерности.

Нижняя оценка фрактальной размерности метакниги может быть получена из следующих соображений. На основе эмпирических данных произведем аппроксимацию функции, выражающей зависимость величины словаря от величины метакниги. Пользуясь полученной зависимостью, с помощью экстраполяции определим такую величину метакниги, при превышении которой приращение величины словаря

будет пренебрежимо мало. Найдем соответствующий предельный объем словаря и вычислим величину (1) для найденных значений.

Немного видоизмененный подход может состоять в следующем. Обратимся к важной характеристике мета-книги, называемой "коэффициентом лексического разнообразия" (КЛР, англ. lexical diversity, LD) – количественная характеристика текста, отражающая степень богатства словаря при построении текста заданной длины. В самом простом варианте LD вычисляется как отношение числа отдельных лексических единиц словаря (лемм, англ. types) к количеству их употреблений в тексте (словоформ, «текстовых слов», англ. tokens) (type/token ratio) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент лексического разнообразия]. Для такого способа вычисления принято обозначение TTR. TTR предположительно был введен в научный обиход в 1957 году в работе специалиста по лингводидактике М. Темплина (см., напр., [8]). Вычисление LD в виде TTR подвергается критике за то, что при этом "не учитывается влияние длины текста", поскольку при увеличении длины текста величина словаря растет медленнее, а значит TTR будет уменьшаться и стремиться к нулю. Однако для наших целей именно это качество TTR полезно. Можно считать предельным размером словаря такое значение этого размера, при котором КЛР становится пренебрежимо малым. В связи с этим требуется уточнить, что понимается под "малостью" как приращения словаря, так и КЛР. Здесь возникает и проблема увязать это понятие малости с выбором модели тренда и как следствие – способа экстраполяции тренда.

2. Оценка фрактальной размерности метакниги Л.Н. Толстого

В качестве примера применения изложенных выше соображений мы рассмотрели 20 произведений Льва Толстого разного объема, охватывающие более-менее равномерно отрезок времени в 52 года. При этом сознательно брались тексты разного размера, чтобы иметь дело с наиболее сложным случаем прироста новых слов. Нам пришлось совершить 19 шагов, на каждом из которых метакнига наращивалась посредством конкатенации текста очередного произведения, вычислялся ее текущий размер, равный количеству словоупотреблений, а также осуществлялись лемматизация, соответствующее наращивание словаря и вычисление его текущего размера. Лемматизация осуществлялась с помощью размещенного в свободном доступе морфологического анализатора русского языка MyStem, разработанного Ильей Сегаловичем в компании "Яндекс". На основе расчетов, произведенных с этим корпусом текстов (метакнигой), мы пришли к верхней оценке фрактальной размерности метакниги Л.Н. Толстого, равной 0,7252. Для верхней оценки нам понадобились лишь конечные значения размера

метакниги и размера словаря. Для нижней оценки понадобилась фиксация всех промежуточных пар значений после каждой конкатенации. Эти данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Динамика КЛР в нарастающем корпусе текстов Л.Н. Толстого.

№	Год	Текст	ΔN	ΔM	N	M	Y_{TTR}
1	1852	Детство	4253	30326	4253	30326	0,1402
2	1854	Отрочество	1452	23020	5705	53346	0,1069
3	1855	Севастопольские рассказы	2117	36041	7822	89387	0,0875
4	1856	Два гусара	844	17219	8666	106606	0,0813
5	1856	Утро помещика	751	15669	9417	122275	0,0770
6	1857	Юность	1208	49939	10625	172214	0,0617
7	1858	Альберт	147	7927	10772	180141	0,0598
8	1862	Поликушка	725	16879	11497	197020	0,0584
9	1863	Казаки	1391	46002	12888	243022	0,0530
10	1869	Война и мир	7212	459672	20100	702694	0,0286
11	1877	Анна Каренина	2702	270110	22802	972804	0,0234
12	1884	Записки сумасшедшего	32	3729	22834	976533	0,0234
13	1886	Смерть Ивана Ильича	190	17716	23024	994249	0,0232
14	1889	Крейцерова соната	270	25434	23294	1019683	0,0228
15	1890	Дьявол	395	14246	23689	1033929	0,0229
16	1891	Мать	48	3597	23737	1037526	0,0229
17	1895	Хозяин и работник	268	14270	24005	1051796	0,0228
18	1898	Отец Сергий	153	13706	24158	1065502	0,0227
19	1899	Воскресение	1591	137305	25749	1202807	0,0214
20	1904	Хаджи-Мурат	481	36376	26230	1239183	0,0212

В табл. 1 N – текущее значение размера словаря; ΔN – приращение словаря, то есть количество новых уникальных слов при присоединении очередного текста к метакниге; M – текущее значение размера метакниги; ΔM – приращение размера метакниги, то есть количество словоупотреблений в присоединяемом к метакниге тексте; Y_{TTR} – текущее значение TTR.

Выберем в качестве линии тренда логарифмическую зависимость. Более точно, мы выбираем логарифмические и постоянные функции в

качестве базисных функций в уравнении регрессии, а функцию зависимости КЛР от объема текста ищем в виде линейной комбинации базисных функций. Коэффициент правдоподобия в таком случае высок ($R^2 \approx 0{,}9611$). Мы получили уравнение вида

$$Y_{TTR} = 0{,}4081\text{-}0{,}028 \ln \mathrm{M} . \quad (6)$$

Значение размера текста в нуле этой функции мы можем считать соответствующим предельному размеру словаря. Эта функция достигает нулевого значения в точке $M_0 \approx 2129565$. Итак, исходя из выбранного способа моделирования, мы заключаем, что размер мета-книги, при котором достигается предельный размер словаря Л.Н. Толстого, составляет 2 129 565 слов. Ясно, что это некоторая приближенная оценка. Предельный объем словаря найдем из тех же соображений при том же выборе базисных функций. Мы получим уравнение

$$Y_{TTR} = 0{,}6301\text{-}0{,}0604 \ln \mathrm{M} . \quad (7)$$

Эта функция достигает нулевого значения в точке $N_0 \approx 33932$. Итак, оценка предельного размера N_0 словаря Л.Н. Толстого (с необходимым замечанием об учете выбранного метода моделирования) составляет примерно 33 932 слова.

Есть еще одна проблема – проблема проверки достоверности полученных результатов. Классический способ сравнения приближенного решения с точным решением или с экспериментальными данными применен быть не может по причине отсутствия таковых. Здесь нам доступны лишь косвенные способы проверки. Все же попробуем воспользоваться вариантом закона Ципфа

$$N = AM^{\gamma} \quad (8)$$

для описания зависимости размера словаря от размера текста. Это оправдано тем, что если из уравнений (5)-(6) исключить Y_{TTR}, получится зависимость вида (7). Воспользуемся первичными данными из таблицы 1 и аппроксимируем степенную функцию в законе Ципфа. Этот подход дает нам $N = 38{,}069\, M^{0{,}4653}$. Теперь, подставляя вместо M в эту формулу значение $M_0 \approx 2129565$, мы получим $N_0 \approx 33506$. Это значение отличается от полученного ранее как нуля логарифмической функции тренда КЛР. Однако относительная погрешность составляет

$$\frac{33932 - 33506}{33506} \times 100\% \approx 1{,}27\% ,$$

что, на наш взгляд, вполне приемлемо. Осталось только принять окончательное решение о прогнозе предельного размера словаря и размера соответствующего размера корпуса. Произведя традиционные округления, приходим к следующим прогнозам: предельный размер словаря Л.Н. Толстого составляет 33500 -- 34000 слов, размер текста, при котором достигается предельный размер словаря Л.Н. Толстого, составляет 2 129 500 – 2 130 000 слов. Теперь мы можем вычислить нижнюю оценку фрактальной размерности метакниги Л.Н. Толстого:

$$\alpha_0 \approx \frac{\ln 34000}{\ln 2130000} \approx 0,71605 \ .$$

Таким образом, фрактальная размерность метакниги Л.Н. Толстого, составленной из его 20 книг, может быть заключена в промежуток [0,7160; 0,7252].

3. Оценка фрактальной размерности метакниги Ф. М. Достоевского

В качестве еще одного примера применения рассмотренного метода мы рассмотрели 17 произведений Ф.М. Достоевского и провели аналогичные действия. Мы пришли к верхней оценке фрактальной размерности метакниги Ф.М. Достоевского, равной 0,7190. Для нижней оценки понадобилась фиксация всех промежуточных пар значений после каждой конкатенации. Эти данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Динамика КЛР в нарастающем корпусе текстов Ф. М. Достоевского.

№	Год	Текст	ΔN	ΔM	N	M	Y_{TTR}
1	1846	Бедные люди	4798	42162	4798	42162	0,1138
2	1846	Двойник	2606	49342	7404	91504	0,0809
3	1847	Хозяйка	1260	23931	8664	115435	0,0751
4	1848	Белые ночи	447	17053	9111	132488	0,0688
5	1849	Неточка Незванова	1264	55290	10375	187778	0,0553
6	1859	Дядюшкин сон	1453	41538	11828	229316	0,0516
7	1859	Село Степанчиково и его обитатели	1693	66470	13521	295786	0,0457

Окончание таблицы 2

№	Год	Текст	ΔN	ΔM	N	M	Y_{TTR}
8	1860	Записки из мертвого дома	2733	98476	16254	394262	0,0412
9	1861	Униженные и оскорблённые	1134	119692	17388	513954	0,0338
10	1862	Скверный анекдот	350	16414	17738	530368	0,0334
11	1864	Записки из подполья	611	35452	18349	531022	0,0346
12	1866	Игрок	537	44630	18886	575652	0,0328
13	1866	Преступление и наказание	2984	172635	21870	748287	0,0292
14	1869	Идиот	1657	209206	23527	957493	0,0246
15	1872	Бесы	1893	197329	25420	1154822	0,0220
16	1875	Подросток	1195	189590	26615	1344412	0,0198
17	1880	Братья Карамазовы	2822	297078	29437	1641490	0,0179

Выберем в качестве линии тренда снова логарифмическую зависимость. Мы получили уравнение вида

$$Y_{TTR} = 0{,}3603\text{-}0{,}025 \ln \mathrm{M} .$$

Значение размера текста в нуле этой функции мы можем считать соответствующим предельному размеру словаря. Эта функция достигает нулевого значения в точке $M_0 \approx 1815733$. Итак, исходя из выбранного способа моделирования, мы заключаем, что размер мета-книги, при котором достигается предельный размер словаря Ф.М. Достоевского, составляет 1 815 733 слов. Предельный объем словаря найдем из тех же соображений при том же выборе базисных функций. Мы получим уравнение

$$Y_{TTR} = 0{,}5283\text{-}0{,}05 \ln \mathrm{M} .$$

Эта функция достигает нулевого значения в точке $N_0 \approx 38793$. Итак, оценка предельного размера N_0 словаря Ф.М. Достоевского (с необходимым замечанием об учете выбранного метода моделирования) составляет примерно 38 793 слова.

Воспользуемся первичными данными из табл. 2 и аппроксимируем степенную функцию в законе Ципфа. Этот подход дает нам $N = 27{,}484\, M^{0{,}4908}$. Теперь, подставляя вместо M в эту формулу значение $M_0 \approx 1815733$, мы получим $N_0 \approx 32435$. Это значение

отличается от полученного ранее как нуля логарифмической функции тренда КЛР. Относительная погрешность составляет

$$\frac{38793-32435}{32435}\times 100\% \approx 19{,}60\% \ .$$

На сей раз относительная погрешность весьма велика. Поэтому нижняя оценка фрактальной размерности будет не очень точна. Придется выбрать вариант, который дает меньшее значение α_0:

$$\alpha_0 \approx \frac{\ln 32435}{\ln 1815733} \approx 0{,}72071839502779585170543394695242 \ .$$

Мы столкнулись с неожиданным эффектом: значение величины, которой мы отводили роль нижней оценки фрактальной размерности, оказалось больше значения, которое мы считали верхней оценкой. Поэтому мы вынуждены лишь констатировать, что фрактальная размерность метакниги Ф.М. Достоевского не превосходит 0,7191.

Список литературы

1. Кретов А. А. Основы лексико-семантической прогностики. Монография / А. А. Кретов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. – 404 с. [«Библиотека лингвистической прогностики». Том 1.]
2. 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. 1. – С. 269-271.
3. Бронник Л. В. О фрактальном самоподобии в языке / Л. В. Бронник // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2009. – Т. 44, № 10. – С. 15-19.
4. Петряков Л. Д. Методологические перспективы фрактальной семантики / Л. Д. Петряков // Известия вузов. Серия «Гуманитарные науки». – 2017. – 8 (2) – С. 148–153.
5. 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
6. Heaps H. S. Information Retrieval: Computational and Theoretical Aspects / H. S. Heaps – New York: Academic Press, 1978.
7. Mandelbrot B. B. The Fractal Geometry of Nature / B. B. Mandelbrot. – San Francisco: W.H. Freeman, 1982. – 468 p.
8. Torruella J. and Capsada R Lexical Statistics and Tipological Structures: A Measure of Lexical Richness / J. Torruella, R. Capsada // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2013. – 95.

Применение прикладных интеллектуальных систем в образовательном процессе вуза

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

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 прикладных интеллектуальных систем 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. При этом очень мало было сказано относительно конкретной методики, обеспечивающей успешное программирование.

© Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О., 2021

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 рис. 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.

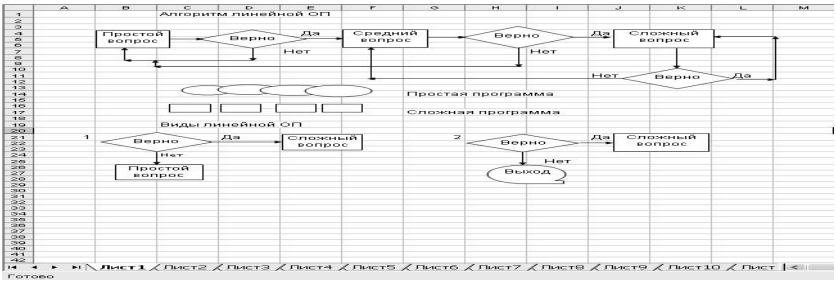


Рис. 1. Алгоритм линейного программирования

2. Разветвленное программирование

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

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

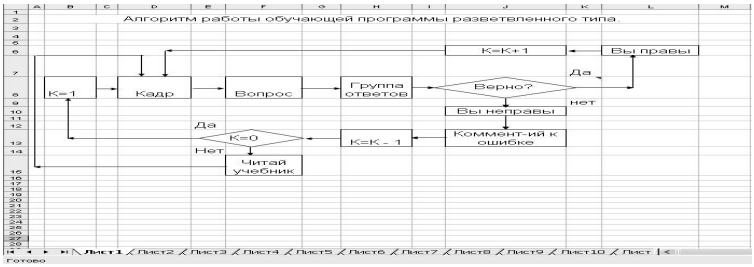


Рис. 2. Алгоритм разветвленного программирования

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 ПЗ 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 ПЗ предусмотрены разветвления из последовательно включенных вспомогательных порций ПЗА, ПЗБ, ПЗВ при серьезной ошибке. В этом случае обучающемуся будет не только указано, что он ошибся, но, помимо этого, материал порции ПЗ будет разбит на более мелкие части ПЗА, ПЗБ, ПЗВ с дополнительными иллюстрирующими примерами.

Таким образом, способный обучающийся, который будет иметь дело только с порциями П1, П2, ПЗ 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 рис. 3, основано на гипотезе, что некоторое количество ошибок необходимо для обучения навыкам, т.е. если не будет сделано ошибок, эффект обучения будет меньше.

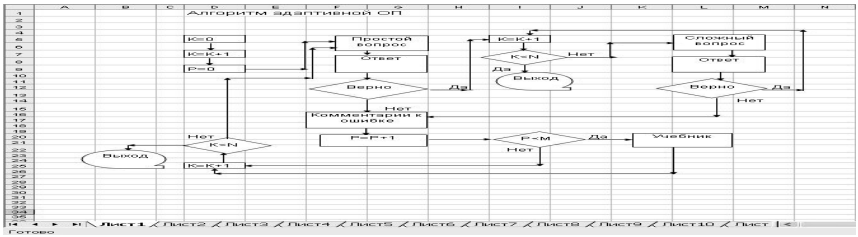


Рис. 3. Алгоритм адаптивного программирования

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 – Москва: Изд-во РУСАЙНС, 2018. – 138 [7] – Библиогр: С. 133-137.

Интеллектуализация управления в образовательных учреждениях

Я. Е. Львович, email: office@vivt.ru
А. П. Преображенский, email: app@vivt.ru

Воронежский государственный технический университет
Воронежский институт высоких технологий

Аннотация. *В данной работе рассматриваются особенности построения алгоритмов интеллектуального управления образовательными системами. Проведено описание основных блоков системы управления.*

Ключевые слова: *Управление, информация, оптимизация, рейтинг, система, образование.*

Введение

На основе современных возможностей цифровой трансформации внутри образовательных систем можно определять новые механизмы, связанные с тем, как осуществляется интенсивное взаимодействие объектов таких систем. Степень эффективности работы распределенных образовательных систем в новых условиях определяется особенностями взаимодействия их объектов между собой. Существует проявление связанности, Это заметным образом будет проявляться различными способами. При этом необходимо, чтобы в ходе принятия решений привлекались соответствующие методы интеллектуальной поддержки.

Важно обращать внимание на некоторые особенности, связанные с управлением компонентами образовательных систем, являющихся территориальным образом распределенными.

В чем это проявляется? Исследователи рассматривают пространственно-временную информацию, когда принимаются управленческие решения;

Используются данные мониторинга в ходе цифровая трансформация пространственно-временных данных, относящихся к работе компонентов образовательных систем. Также необходимо рассматривать рейтинговое оценивание.

В ходе принятия решений комбинируется оптимизационный и экспертный подходы. Тогда повышается эффективность управления. При этом применяется интеллектуальная поддержка соответствующих

© Львович Я. Е., Преображенский А. П., 2021

форм управления. Наблюдается сокращение времени по поиску и анализу информации.

В этой связи необходимо рассматривать возможности развития инвариантных подходов по управлению в образовательных системах, на них необходимо проблемным образом ориентироваться

Важно обращать внимание на характеристики класса образовательных систем. Их знание позволит повысить эффективность управления. С точки зрения различных классификационных признаков необходимо осуществлять учет. Отметим некоторые из них. Это, прежде всего, количество компонентов систем. Также, есть типы их взаимодействий. Пространственно-временная информация разным образом формируется, чтобы осуществить оценку эффективности. Признаки могут сочетаться разным образом. Это определяет к возникновению разных задачам управления образовательными системами. Например, управляют результатами, ресурсами, а также ими совместным образом.

Пространственно-временную информацию необходимо соответствующим образом сформировать, что оказывает большое влияние на интеллектуализацию принятия решений для задач управления. Среди ключевых подходов можно отметить рейтингование и мониторинг. В первом из указанных подходов в интегральные оценки происходи агрегация мониторируемых показателей. Она применяется для того, чтобы по объекту системы в рейтинговых списках была определена значимость.

Во втором подходе существуют возможности для определения оценок показателей. Они показывают особенности работы компонентов образовательных систем. При этом отслеживаются задаваемые временные интервалы.

Каким образом можно придти к пространственно-временной информации от мониторинго-рейтинговых оценок? Необходимо в информационных системах осуществлять сервисы визуализации при учете соответствующих классификационных признаков [1].

Анализ особенностей интеллектуальных алгоритмов управления

В образовательных системах для их компонентов необходимо осуществлять процессы вычислений рейтингов. Тогда будет происходит рассмотрение оценок массивов данных, связанных с работой объектов образовательных систем. При этом необходимо опираться на соответствующую методику, в рамках фиксированной шкалы, которая определяется целями оценок. На рис 1 показано, каким образом в общем случае можно провести оценку рейтинга.

Необходимо отметить, что исходная информация заметным образом оказывает влияние на проведение вычислений. Это можно рассматривать как характеристику алгоритма.

Проведем рассмотрение процессов вычислений рейтингов [2] объектов в образовательных системах.

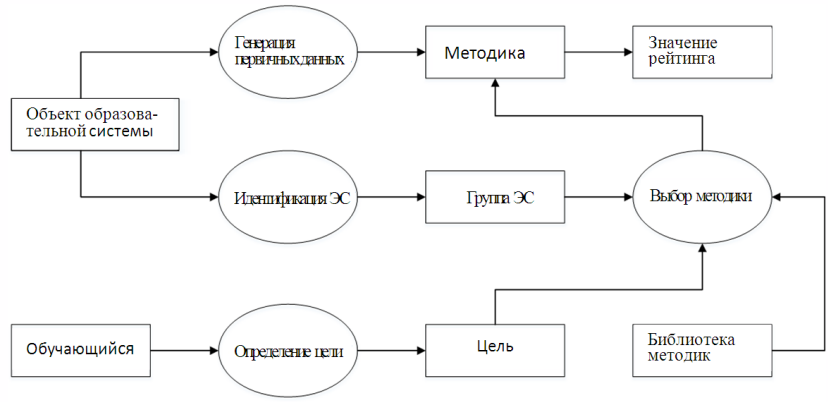


Рис. 1. Иллюстрация особенностей процесса, связанного с вычислением рейтинга объектов образовательных систем

Можно отметить пять шагов, являющихся ключевыми по анализируемой схеме осуществления вычислений рейтинга:

шаг 1 – на нем готовятся исходные данные;

шаг 2 – данные обрабатываются соответствующим образом;

шаг 3 – осуществляются процедуры статистического анализа;

шаг 4 – осуществляются процедуры трендового анализа;

шаг 5 – рейтинг вычисляется на основе соответствующего подхода.

Процесс мониторинга по компонентам образовательных систем может рассматриваться с точки зрения анализа первых двух шагов, которые идут отдельным образом. Результаты обработки в цифровом виде будут переданы к управляющим центрам.

Рис. 2 иллюстрирует, каким образом происходим взаимодействие на разных шагах.

Почему мы выделили такие шаги?

Это связано с тем, что они демонстрируют завершенные процессы, связанные с тем, что данные будут обработаны.

Продемонстрируем это.

на шаге 1 – показатели формируют выходной набор;

на шаге 2 – формируются промежуточные показатели;

на шаге 3 – получаем агрегаты, они образуют определенное множество;

на шаге 4 – по объектам получаем прогнозы их состояний;

на шаге 5 – по анализируемому объекту формируется рейтинг.

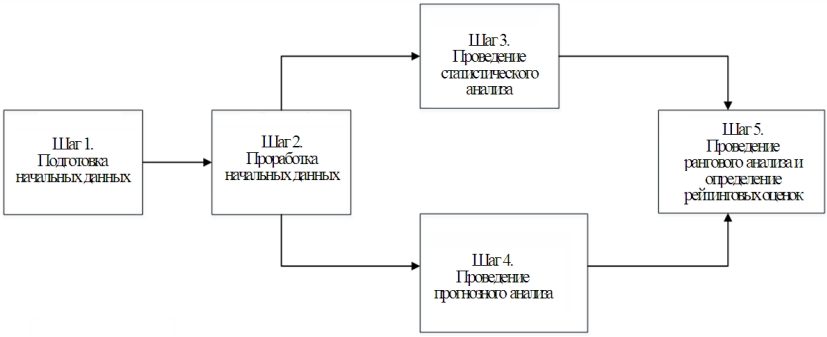


Рис. 2. Иллюстрация обобщенной схемы, связанной с процессом определения по объекту рейтинга

Проанализируем шаг 1. Рис 3 иллюстрирует то, как шаг детализируется. Важно опираться на начальную информацию, когда оценивается рейтинг и осуществляется по мониторингу оценка.

Блок 2 связан со стандартной оценкой. Блок 3 связан со специфической оценкой. Первую оценку анализируем как массив данных. Он может быть в отчетах, например, связанных с финансированием.

Вторая оценка может быть связана с других видах отчетов, которые связаны с общей информацией.

Подготовка отчетов может осуществляться как внутри объектов, так и при помощи управляющих структур [3].

Для чего необходимо применять специфическую информацию? На ее базе определяется структура базовых показателей. Также реализуется факторный анализ. По управляющим центрам происходит учет целей.

В данный вид информации входят также и результаты, связанные с экспертным анализом [4]. Тогда с точки зрения качественного уровня можно осуществить исследование ЭС.

Следует отметить более трудный процесс формализации для экспертных подходов. Но их необходимо применять на практике. Связано это с тем, что на их базе может быть оценено качество Также рассматривается соответствие реальных параметров и тех, которые

были продекларированы, например, в отчетах, в рекламных кампаниях и др. [5].

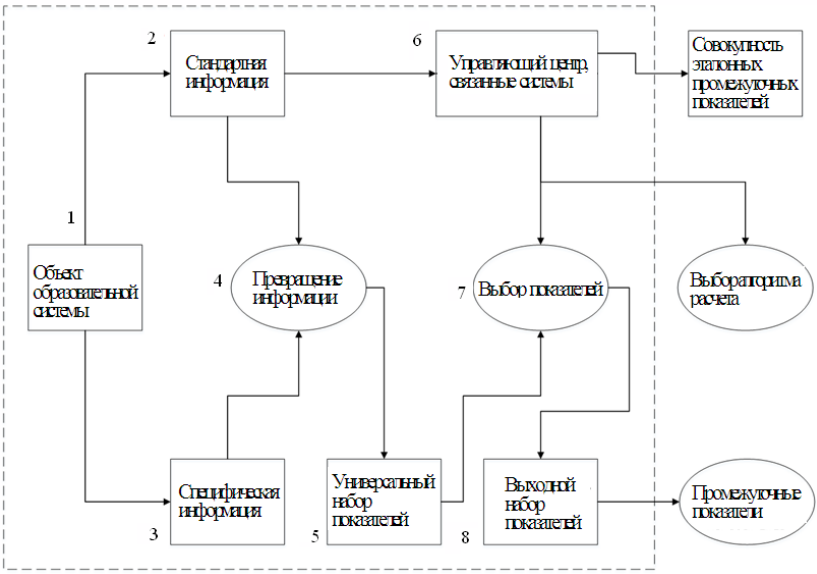


Рис. 3. Иллюстрация схемы, как будет происходить подготовка начальных данных

Массив специфической информации формируется, в зависимости от вида информации, которая анализируется в образовательной системы, а также от характеристик обучающихся.

Можно говорить о разной значимости компонент оценки.

В блоке 5 рассматривается универсальный набор показателей. Он связан с множеством всех показателей, которые требуются, чтобы определять рейтинг. Формирование такого набора будет осуществляться за счет того, что все актуальные данные в разных массивах будут сочетаться. Требуется предусмотреть, чтобы они рассматривались по единым форматам.

Блок 6 связан с целями анализа, а блок 8 предназначен для того, чтобы формировались начальные данные.

Наиболее полным образом будет характеризоваться состояние ЭС при помощи начальных данных.

Проанализируем шаг 2. На нем обрабатываются начальные данные. Важно осуществить выбор соответствующего набора показателей.

После работы алгоритма должны быть получены промежуточные показатели.

Последние представляют собой средние значения, коэффициенты, а также сводные показатели.

Чтобы промежуточные показатели были оценены, требуется осуществить сравнение с эталонной системой [5]. Первый вид таких систем связан с соответствующими нормативами. Второй тип относится к аналогичным объектам исследований специализациям и масштабам.

Статистический анализ ведется на 3 шаге. Тогда требуется осуществлять сопоставление показателей.

Прогнозный анализ ведется на 4 шаге. При этом мы моделирование по прогнозного состоянию компонентов образовательной системы будет для периода $t+t_1, t_2 = \overline{1, T_1}$ Корреляционный и регрессионный анализ позволяют получить аналитическую форму.

Проведение рангового анализа и вычисление рейтинга осуществляется на шаге 5. Он проиллюстрирован на рис. 4.

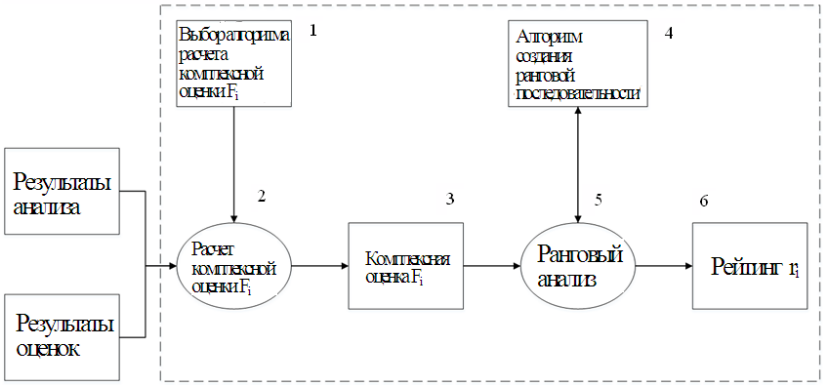


Рис. 4. Иллюстрация того, как определяется рейтинг

Блок 4 рассматривается в виде вычислительной процедуры. В ней есть система показателей, которые показывают характеристики компонентов в образовательной системе.

Рейтинг может вычисляться двумя способами.

В одном из них функция полезности выбирается затем будет строиться ранговая последовательность, исходя из того, какая комплексная оценка F_i.

Второй связан с определением рейтинга при помощи экспертных процедур.

В первом подходе недостаток связан с тем, что процесс вычисления рейтинга весьма сильным образом регламентирован.

Второй подход характеризуется недостатком – требуются большие затраты по ресурсам и сам алгоритм достаточно сложен.

Заключение

В работе предлагается в рамках задач управления образовательными системами провести их классификацию

Важно формировать пространственно-временные данных, когда создаются информационные ресурсы, позволяющие осуществить интеллектуализацию при управлении образовательными системами. При этом можно опираться на мониторинг образовательных компонентов и формирование массивов рейтинга.

Характеристики эффективности управления образовательными системами будут обеспечены, если будет достижение интеллектуализации принятия управленческих решений вследствие разработок проблемно-ориентированных способов информации.

Список литературы

1. Солодянников, В. А. Балльно-рейтинговые технологии оценки деятельности / В.А. Солодянников. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 180 с.

2. Верещагин, Ю.Ф., Ерунов В.П. Рейтинговая система оценки знаний студентов, деятельности преподавателей и подразделений вуза: Учебное пособие. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 105 с.

3. Новосельцев, В.И. Системный анализ: современные концепции/В.И.Новосельцев.– Воронеж: Кварта, 2003.–360 с.

4. Новиков, Д.А. Модели функционирования многоуровневых организационных систем / Д.А.Новиков. – М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 155 с.

5. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А.Новиков. – 2-е изд. – М.: Физматлит. 2007. – 584 с.

Классификация существительных из текстов методами машинного обучения на основе признаков контекстуальной синонимии

Е. Е. Милованова , milovanova.e1997@gmail.com

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 вектора признаков, базирующихся на морфологических и семантико-синтаксических данных, полученных в результате предварительного анализа исходного текста.*

Ключевые слова: *Контекстные синонимы, автоматическое выделение синонимов, синонимия, машинное обучение.*

Введение

На сегодняшний день одной из самых сложных проблем в области автоматизированного анализа текста является обработка многозначных слов. Полисемия – это часто встречающееся в естественном языке явление, при котором языковая единица может иметь более одного значения, вследствие чего невозможно полностью автоматизировать процесс обработки текстов на естественном языке. Корректное выделение контекстуальных синонимов – слов, которые схожи по смыслу с другими словами лишь в определенном контексте [1], – является частной задачей данного направления исследований компьютерной лингвистики.

Изучение различных видов семантических отношений языковых единиц и контекстуальной синонимии в частности, примеров их использования в речи важно как лингвистики в целом, поскольку составляют составляет богатство языка и обеспечивают возможность выразить одну и ту же мысль разными способами, указать уникальные смысловые акценты или перефразировать мысли [2], так и для улучшения существующих алгоритмов автоматического семантического анализа текстов, их качественного улучшения или создания новых методов для решения частных задач компьютерной лингвистики.

© Милованова Е. Е., 2021

1. Проблема многозначности слов

Задача анализа текстов на естественном языке основываются на декомпозиции текста с дальнейшим анализом и обработкой полученных данных [3]. Данный процесс осложняется многообразием не только словосочетаний, но и многозначности слов, которая, в свою очередь, в разы увеличивает итоговую вариативность результатов. Количество полученных в итоге данных настолько велико, что существующие информационные системы не способны корректно обработать их и сформулировать соответствующий ответ.

На сегодняшний день явление многозначности, полисемию, разделяют на лексическую и грамматическую [4]:

– Лексическая полисемия – это случай, в котором одно слово служит для обозначения нескольких предметов или явлений. Пример: магнитное поле, маковое поле.

– Грамматическая полисемия – это случай, когда слово может быть употреблено в нескольких значениях. Например, в предложении «Постучали в дверь.» глагол употреблен в неопределенно-личном значении, т. к. в нем не указано, кто осуществил действие. В предложении «Мы постучали в окно.» глагол употребляется в собственно-личном значении, т. к. известно, кто позвонил.

Так же выделяют три разновидности полисемии:

– Радиальная связь – это связь, при которой все значения слова непосредственно связаны с главным.

Например, «разгрузка»:

– действие по значению глагола разгружать, разгрузить; снятие груза откуда-либо;

– освобождение от части обязанностей;

– уменьшение физической или психологической нагрузки; отдых.

– Цепочная связь – это связь, при которой каждое новое значение слова связано с предшествующим, но «крайние» значения могут быть не связаны между собой.

– Например, «картина»:

– произведение живописи;

– то, что можно видеть, обозревать или представлять себе в конкретных образах;

– изображение чего-либо в художественном произведении;

– подразделение акта в драме;

– то же, что и фильм.

– Смешанная, или радиально-цепочная связь – тип связи, при которой в слове совмещены оба типа связи.

Проектирование интеллектуальной системы, включающей в себя словарь со всеми возможными вариантами связей слов и их значений, на данный момент невозможно. Это связанно не только с несовершенством существующих баз данных и методов их наполнения, но и со свойством человека в случае отсутствия необходимых сведений самостоятельно восполнить их. Для этого выполняется обращение к смежным или ассоциативным связям, основанным на более широких возможностях многозначности [5].

2. Применение методов машинного обучения для решения задач компьютерной лингвистики

На начальном этапе становления компьютерной лингвистики как самостоятельной научной дисциплины она характеризовалась использованием фиксированных лингвистических моделей для решения прикладных задач, однако в дальнейшем фокус сместился на применение математических статистических методов. Это позволило быстро получить достаточно высокие результаты посредством использования относительно простых математических методов, однако на данный момент их использование для задач автоматической обработки текстов уже достигло некоторого своего порога [8].

Направление машинного обучения в компьютерной лингвистике ориентировано на получение новых знаний в результате автоматизации процессов обучения. Однако эффективность данного подхода в рамках компьютерной лингвистики осложняется такими проблемами, как:

– зависимость от объёмов исходных данных и, как следствие, необходимость наличия и обработки больших и сверхбольших размеченных корпусов текстов, онтологий и тезариусов;

– подбор метрики оценки эффективности используемых эмпирических критериев, так как она зависит от сравнения результата человека-эксперта и программного средства [9].

В последние годы сформировалось новое направление извлечения знаний из текстов, связанное с построением онтологий. В его рамках исследователи основываются на дистрибутивной гипотезе, по которой сходство существительных устанавливается на основе сходства их синтаксических контекстов употребления, современные исследователи решают некоторые задачи классификации сущностей из текстов, например, построение классификации существительных на основе предикатно-аргументных структур [10].

3. Синонимы и контекстные синонимы

Синонимы – это слова, равнозначные или похожие по значению. Они могут быть представлены как одной частью речи, так и разными, но

близкими семантически [6]. Также могут включать одно или несколько слов: идти – гулять; большой – огромный; противогаз – резинотехническое изделие номер один. Контекстуальная синонимия – это частное явление синонимии, в котором слова или словосочетания равнозначны другим словам лишь в определенной ситуации. Например: “напряжённая, гнетущая атмосфера”; “пустынный, неприветливый особняк”. В русском языке напряжённый и гнетущий, пустынный и неприветливый – это разные понятия, но в определенном контексте близки по значению.

Контекст – это относительно законченная по смыслу часть текста или высказывания. Общий смысл контекста складывается из значений отдельных слов, в тоже время как сам контекст дополняет и помогает прояснить значение каждого слова. По этой причине часты случаи, когда 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.

Контекстуальные синонимы определяются человеком как продукт индивидуального творческого акта, создающего близость значения слов в рамках определённого контекста. В связи с этим анализ данного языкового явления имеет особое значение при рассмотрении художественного текста: контекстные синонимы возникают из необходимости фиксировать в слове новые оттенки явления, представления или понятия, что определённым образом характеризуют его оценку, отношение к нему [7].

По мнению Т. Б. Радбиля, назначение синонимов заключено в разном представлении одного и того же действия путем выделения и акцентирования разных аспектов и элементов содержания ситуации. Человек в определённом значении “выбирает” из ситуации только часть

информации, создавая собственный 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, или 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 часть исходного, основного значения слова [2].

4. Классификация сущностей из текста для выявления контекстных синонимов

В рамках исследования возможностей машинного обучения в области выделения контекстуальных синонимов выдвигается предположение о том, что у каждого осмысленного текста на естественном языке существует уникальный для конкретного контекста набор ключевых сущностей, на которых автор акцентирует внимание [7]. Тогда, основываясь на характерных особенностях явления синонимии, можно предположить, что семантически связанные между собой сущности будут иметь схожие морфологические и семантико-синтаксические характеристики. Следовательно, обученная классифицировать сущности на данных условиях модель может быть использована в дальнейшем как для изучения поведения сущностей в тексте и выделения предполагаемых контекстных синонимов, так и для аналогичного анализа схожих текстов (например, текстов одного автора или на схожую тему).

Для обучения таких моделей в рамках доклада предлагается следующий алгоритм векторизации текста:

– Получение всех существительных из исходного текста.

– Приведение существительных в начальную форму (именительный падеж, единственное число).

– Морфологический анализ каждого существительного с целью определения таких характеристик, как именованность (собственное или нарицательное), род и одушевлённость.

– Семантико-синтаксический анализ, включающий в себя определение частоты употребления каждого существительного в тексте и количество зависимостей между данным словом и другими частями речи.

Но основе анализа полученных векторов возможно выделение критериев, специфичных для сущностей в контексте исходных данных. После этого выполняется подготовка тренировочной выборки по распределению сущностей на три категории:

“person”: активный персонаж событий, описанных в исходном тексте, обычно человек.

“object”: пассивный предмет, играющий важную роль в исходном тексте.

“something”: объекты, не имеющие высокой информационной ценности ввиду того, что не являются предметами, на которых акцентирует внимание автор.

Преимуществом таким образом обученной модели является установление зависимостей от поведения сущностей в тексте, благодаря чему возможно “считывание” специфичных акцентов автора, например, прозвищ, вне контекста не являющихся именем собственным, или “отсеивание” большого количества сущностей, сопровождающих повествованием на естественном языке. Полученные в рамках каждого класса сущности можно назвать предполагаемыми контекстными синонимами, так как они имеют схожие морфологические и поведенческие характеристики слов-синонимов в исследуемом тексте.

Заключение

Предлагаемый в докладе метод на основе использования машинного обучения для решения задачи 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. Также он позволит проводить более глубокий сравнительный анализ использования языковых конструкций разными авторами с точи зрения лингвистики.

Список литературы

1. Реформатский, А.А. Введение в языковедение: учебник для пед. вузов / В.А. Виноградова; 5-е изд., уточн. – М: Аспект-Пресс, 1999. – 536 с.

2. Путятина, Е.И. Контекстуальная синонимия в тексте и его дискурсе / Е.И. Путятина // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2016. – №4. – С. 148-151.

3. Яцко, В.А. Предметная область компьютерной лингвистики / В.А. Яцко // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. – 2014. – №2. – С. 24-35.

4. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]: энциклопедия. – Режим доступа : https://bigenc.ru/linguistics/text/3154032

5. Зализняк, А.А. Феномен многозначности и способы его описания / А.А. Зализняк // Вопросы языкознания. – Москва, 2004. – № 2. – С. 20-45.

6. Контекстные синонимы [электронный ресурс] : новостной ресурс. – Режим доступа: https://www.anews.com/p/112585800-kontekstnye-sinonimy-ehto-primery-predlozhenij-s-kontekstnymi-sinonimami

7. Белькова, А.Е. Контекстуальные синонимы как стилистическое средство выразительности в языке поэзии В. А. Мазина / А.Е. Белькова // Вестник НВГУ. – 2014. – №4. – С. 1-7.

8. Толдова, С.Ю. Современные проблемы и тенденции компьютерной лингвистики / С.Ю. Толдова, О.Н. Ляшевская // Вопросы языкознания. – М.: Российская академия наук. – 2014. – №1. С. 120-145.

9. Найдёнова, К.А. Машинное обучение в задачах обработки естественного языка: обзор современного состояния исследований / К.А. Найдёнова, О.А. Невзорова // Ученые записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки. – 2008. – №4. – С. 5-24.

10. Hindle D. Noun classification from predicate-argument structures / D. Hindle // Proc. Of the Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. – 1990. – P. 268-275.

Решение задачи классификации COVID-19 по МРТ снимкам с использованием нейронных сетей

А. С. Мирошниченко, email: 963565@bsu.edu.ru
В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. *В данной статье рассматривается задача классификации COVID-19 по снимкам МРТ с применением технологий сверточных нейронных сетей. Решение данной задачи основывается на использовании faster R-CNN как основного метода поиска патологий на снимках МРТ, далее применение классификатора Xception.*

Ключевые слова: *COVID-19, классификация изображений, машинное обучение, нейронные сети.*

Введение

COVID-19 это новое заболевание, которое уже было объявлено всемирной пандемией. Уже более двухсот стран пострадали от этого серьезного вируса, так как данный вирус распространяется в результате взаимодействия с людьми. Более того, важно отметить что симптомы данного вируса очень похожи на симптомы обычного сезонного гриппа. Отбор инфицированных пациентов считается важнейшим шагом в борьбе с COVID-19. Поскольку отсутствуют отличительные инструменты для выявления случаев заболевания COVID-19, потребность в дополнительных диагностических инструментах возросла. Поэтому очень важно, как можно раньше распознавать положительные случаи, чтобы избежать дальнейшее распространение этой эпидемии. Однако, существует ряд методов выявления пациентов с положительным диагнозом COVID-19, которые обычно выполнятся на основе респираторных проб, и среди них важнейшим подходом к лечению является радиологическая визуализация или рентгеновская визуализация. Недавние результаты, полученные при помощи методов рентгеновской визуализации, предполагают, что такие изображения содержат важную информацию о вирусе SARS-CoV-2. Применение технологий глубоких сверточных нейронных сетей в сочетании с рентгеновской визуализацией может помочь в точной идентификации этого заболевания, а также может помочь в идентификации этого заболевания и в преодолении проблемы нехватки обученных врачей в

© Мирошниченко А. С., Михелев В. М., 2021

отдаленных областях. В данной статье представлен метод решения классификации на основе структуры сети Xception [1] с применением faster R-CNN [2] для обнаружения пациентов с COVID-19 по снимкам МРТ грудной клетки.

1. Архитектура модели

Сверточные нейронные сети (CNN) – это архитектура обучения на основе глубоких нейронных сетей для обработки большого количества данных. В настоящее время широко применяется в области анализа медицинских изображений. CNN широко используется по сравнению с другими методами машинного обучения, потому что не требует ручного извлечения функций, а также не требует специальной сегментации. Ниже на рис. 1 показана архитектура CNN, которая состоит из нескольких блоков входного уровня, скрытого слоя (слой свертки, слой объединения), полностью связанного слоя и выходного слоя.

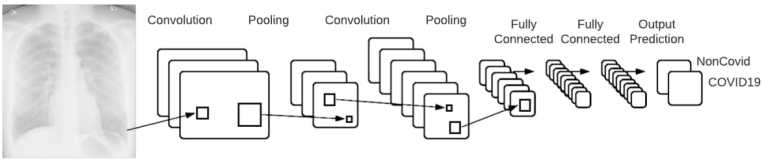


Рис. 1. Диаграмма архитектуры сверточной нейронной сети классификации МРТ изображений

– В ходе решения задачи классификации МРТ снимков, вместо создания модели с нуля, было принято решения взять за основу Xception [1] с добавлением Faster R-CNN [2]. Разработанная структура состоит из 24 сверточных слоев, после которых следует два полностью связанных слоя и шесть слоев объединения. Данные слои являются типичными слоями CNN с разным количеством фильтров, размерами и значением шага. Ниже на рис. 2 показана архитектура Faster R-CNN.

– Для использования классификатора в режиме реального времени, мы объединяем модель Xception [1] с Faster R-CNN. Данное объединение моделей обусловлено тем, что такая модель способна улавливать и извлекать небольшие отличия в медицинских изображениях.

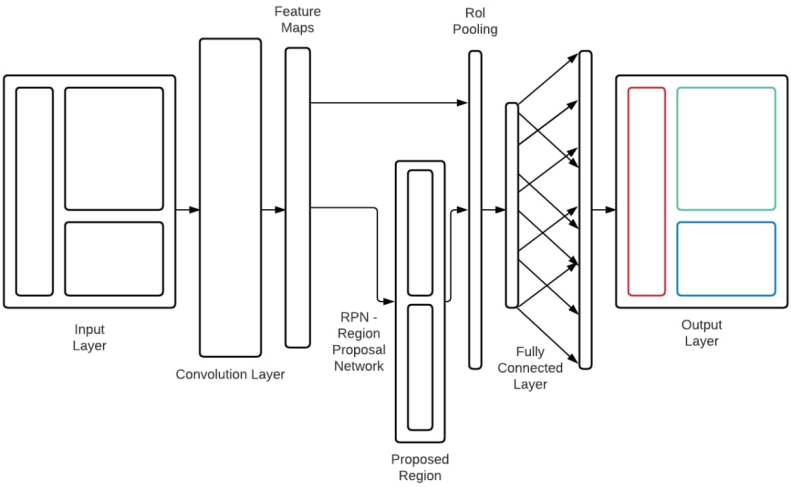


Рис. 2. Схематичная структура Faster R-CNN сверточной нейронной сети

2. Датасет

При подготовке набора данных использовалась двухэтапная процедура подготовки данных. В первую очередь использовались снимки МРТ пациентов с COVID-19, которые доступные как данные из открытых источников. Кроме того, был сформирован набор данных предназначенный для обучения и тестирования, который включал 5450 МРТ снимков грудной клетки для 2500 случаев пациентов. Для эксперимента, мы объединили и изменили два разных общедоступных набора данных: набор данных рентгеновского снимка грудной клетки COVID, подготовленный доктором Джозефом Коэном, научным сотрудником Монреальского университета [3], и RSNA набор данных задачи обнаружения от Kaggle [4]. Далее мы перешли к недавно доступному набору данных, специально разработанному для выявления случаев заболевания COVID-19 с использованием рентгеновских снимков грудной клетки, названного COVIDx [5]. Количество образцов изображений, которые мы использовали для обоих (пользовательских и COVIDx), набор данных показан в таблице (используемые данные в этой статье). Для пользовательского набора данных мы использовали 5450 образцов изображений, тогда как в наборе данных COVIDx был сформирован набор данных с 13800 изображениями. Набор данных COVIDx постоянно обновляется изображениями, предоставленными исследователями из разных регионов. По состоянию на 7декабря 2020

года имеется 183 рентгеновских снимка с диагнозом COVID-19, 8066 пациентов в норме и 5551 случай идентифицирован как не связанная с COVID пневмония. Объединив "нормальную" и "не-COVID-пневмонию" в один класс "не-COVID", мы разработали его как набор данных двоичного класса.

Таблица 1

Используемые данные в рамках решения задачи классификации снимок МРТ

Датасет	Тип	Кол-во	Non-COVID	COVID19	Всего
Сформированный	Train	1100	3000	80	4180
Сформированный	Test	300	950	20	1270
COVIDx	Train	7966	5451	152	13569
COVIDx	Test	100	100	31	231

3. Результаты и выводы

Показатели предложенной модели и результаты перекрестной проверки различных метрик классификатора и их средние результаты приведены в таблице (Результаты перекрестной проверки и метрики классификатора). Стоит отметить, что разработанная модель обеспечила среднюю точность 97,36% и получила среднее значение чувствительности, специфичности и F1-мера 97,75%, 95,18% и 98,46% соответственно. Он также обеспечивает значение точности около 97,46%.

Применение технологий глубоких сверточных нейронных сетей в сочетании с рентгеновской визуализацией может помочь в точной идентификации этого заболевания, а также может помочь в идентификации этого заболевания и в преодолении проблемы нехватки обученных врачей в отдаленных областях.

Таблица 2

Результаты перекрестной проверки и метрики классификатора

Номер теста	Чувствительность %	Специфичность %	F1-мера %	Точность %
1	98.50	96.77	98.99	98.27
2	99.50	99.00	99.75	99.57
3	97.00	93.55	97.98	96.54
4	99.50	93.55	99.25	98.70
5	98.50	99.00	99.24	98.70

Окончание таблицы 2

Номер теста	Чувствительность %	Специфичность %	F1-мера %	Точность %
6	97.50	93.55	98.24	96.97
7	97.50	96.77	98.23	96.97
8	96.50	90.32	97.47	96.67
9	96.50	99.00	98.22	96.97
10	96.50	90.32	97.22	95.24
Среднее	97.75	95.18	98.46	97.46

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-07-00133_А.

Список литературы

1. A. S. Miroshnichenko, V. M. Mikhelev – Classification of COVID-19 patients from medical images using convolutional neural networks // «Information technologies in science, education and production» (ITSEP-2020). Collection of works of the VIII International Conference on Science and Technology (ISBN 978-5-9571-2993-6) Belgorod, 24-25 September, 2020.

2. Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks arxiv:1506.01497

3. Cohen JP, Morrison P, Dao L. COVID-19 image data collection. 2020. p. 11597. arXiv:2003.

4. Radiological Society of North America. RSNA pneumonia detection challenge [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kaggle.com/c/rsnapneumonia-detection-challenge/data; 2019.

5. Wang L, Wong A. COVID-Net: a tailored deep convolutional neural network design for detection of COVID-19 cases from chest radiography images. 2020. arXiv preprint arXiv:2003.09871.

Разработка предметно-ориентированного программного обеспечения на примере решения задачи анализа вакантной должности

Е. Ю. Митрофанова, email: mitrofanova@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработка предметно-ориентированного программного обеспечения направленного на анализ возможных претендентов для замещения вакантной должности. Процесс принятия решения о выборе кандидатов реализован на основе метода анализа иерархий.*

Ключевые слова: *принятие решений, метод анализа иерархий.*

Введение

Для проведения системного анализа любых видов человеческой деятельности, связанной с принятием управленческих решений используются различные методы поддержки принятия и синтеза.

Задача принятия решений (ЗПР) – одна из самых распространенных в любой предметной области. ЗПР заключается в выборе одной или нескольких лучших альтернатив из некоторого первоначального набора. Для того чтобы сделать такой выбор правильно и как можно ближе к идеальному результату, необходимо четко определить цель и критерии, по которым будет проводиться оценка набора альтернатив. Выбор метода решения такой задачи зависит от количества и качества предоставленной информации [1]. Принятие решений – особый вид целенаправленной деятельности, включающий: определение целей, постановку задачи принятия решений и саму процедуру принятия решений – выбор одной из имеющихся альтернатив.

1. Метод анализа иерархий

Метод анализа иерархий (МАИ) относится к числу наиболее эффективных методов принятия решений в сложных ситуациях. Для использования метода необходимо изучить математический аппарат, который лежит в его основе. Во многих случаях выполнение вычислений может занять достаточно много времени. Часто это весьма трудоемкий процесс, требующий концентрации внимания на деталях.

© Митрофанова Е. Ю., 2021

Общая схема процесса принятия решений включает следующие основные этапы [2-4]:

Этап 1. Предварительный анализ проблемы.

Этап 2. Постановка задачи принятия решения (ЗПР).

Этап 3. Получение исходных данных.

Этап 4. Решение ЗПР с привлечением математических методов и вычислительной техники, экспертов и лица, принимающего решение.

Этап 5. Анализ и интерпретация полученных результатов.

Процедуры выявления знаний, предпочтения самого ЛПР, настолько сложны и неоднозначны, что требуют участия консультанта в процессе выбора решения из множества представленных альтернатив. Консультант, как правило, должен полностью владеть всей информацией о методах принятия и синтеза решений, приемлемых при различных критериях, альтернатив, шкалах критериев, типах оценок и т. п.

Привлекаемые к процессу решения поставленной задачи специалисты помогают ЛПР более четко разобраться в сложившейся ситуации выбора решений, обучают его применяемым методам. Опыт консультанта обеспечивает целенаправленность размышлений ЛПР. Все это дает пользователям возможность синтеза и выявления наиболее обоснованных вариантов из всего множества допустимых [5-7].

Выявление данных, знаний и системы предпочтений ЛПР для решения задачи осуществляется путем сбора экспертной информации. Разработка различных анкет для различных вариантов задач принятия и синтеза решений невозможна.

Следовательно, требуется постоянное участие консультанта, направляющего последовательность рассуждений ЛПР в процессе сбора экспертной информации, что в свою очередь может привести к нарушению принципов конфиденциальности и необходимой документированности информации.

Таким образом, если решение, выбранное из множества альтернатив, предлагаемым образом, является неудовлетворительным для ЛПР, консультант не имеет никакой возможно восстановить процедура принятия решения. Что в свою очередь приводит к тому, что невозможно обосновать справедливость полученного решения.

С помощью инструментальных средств, которые реализовывали механизм принятия и синтеза решений, можно возложить роль консультанта по принятию решения на ЭВМ. И тем самым образом обеспечить конфиденциальность принятия решения и рационально распределить функции между пользователем и ЭВМ.

2. Программная реализация

В качестве языка программирования выбран высокоуровневый интегрированный язык MATLAB, включающий широкий спектр функций, объектно-ориентированные возможности и возможность создания GUI приложений. Разработанное программное обеспечение состоит из следующих функциональных блоков:

- блок организации работы приложения;
- блок выбора критериев;
- основной функциональный блок проекта;
- блок реализации алгоритма МАИ;
- блок вывода результатов;
- вспомогательный блок.

На рисунке 1 представлена схема взаимодействия функциональных блоков с указанием модулей, входящих в каждый блок. На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма разработки программного обеспечения для анализа претендентов на замещение вакантной должности, отображающая его в виде последовательности связанных между собой функциональных блоков, каждый из которых соответствует выполнению одного или нескольких действий.



Рис. 1. Схема взаимодействия функциональных блоков

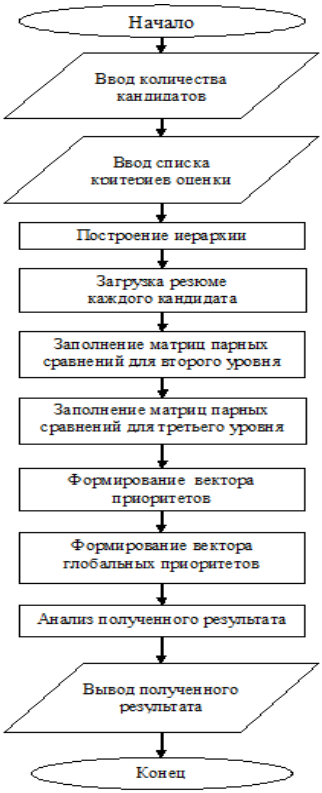


Рис. 2. Блок-схема алгоритма разработки программного обеспечения

На рисунке 3 представлено главное окно приложения. На рисунке 4 представлена форма добавления нового критерия для рассмотрения и его последующего использования (не использования) для решения поставленной задачи анализа возможных кандидатов. Для построения метода анализа иерархии пользователю необходимо определиться с критериями оценки.

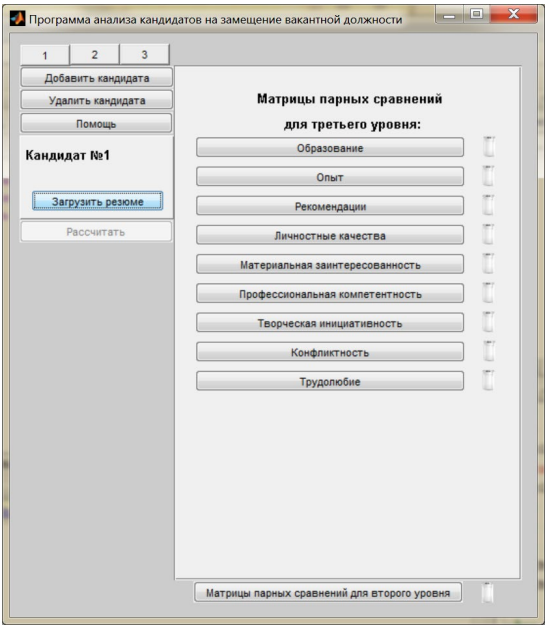


Рис. 3. Главное окно приложения

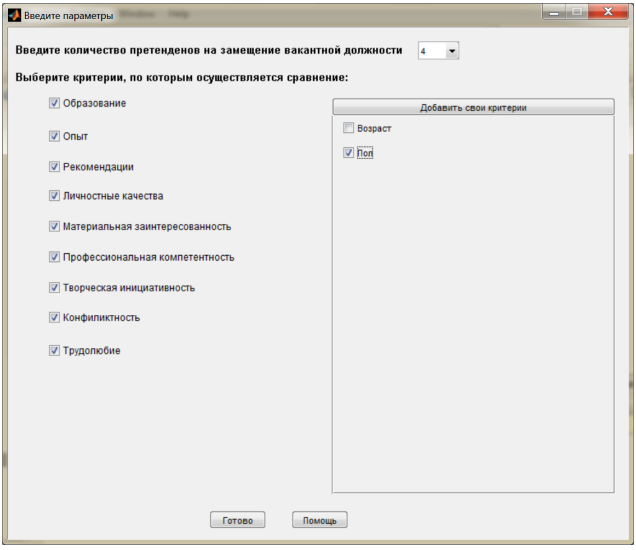
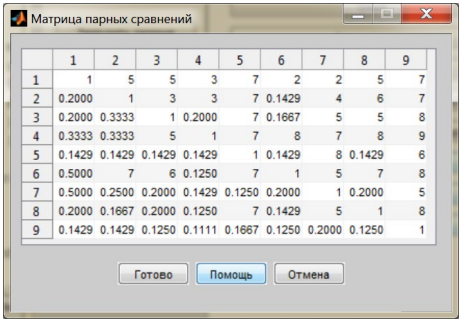


Рис. 4. Оценка критериев

Для того чтобы помочь пользователю сделать выбор, реализована возможность использования стандартных критериев и создания новых. Пользователь выбирает из списка интересующие его критерии. Для каждого выбранного критерия пользователь выбирает подкритерии. Пользователь попарно сравнивает подкритерии для каждого критерия (рисунок 5). 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 выдает полученный результат с учётом ранее заполненных данных (рисунок 6).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	5	5	3	7	2	2	5	7
2	0.2000	1	3	3	7	0.1429	4	6	7
3	0.2000	0.3333	1	0.2000	7	0.1667	5	5	8
4	0.3333	0.3333	5	1	7	8	7	8	9
5	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	1	0.1429	8	0.1429	6
6	0.5000	7	6	0.1250	7	1	5	7	8
7	0.5000	0.2500	0.2000	0.1429	0.1250	0.2000	1	0.2000	5
8	0.2000	0.1667	0.2000	0.1250	7	0.1429	5	1	8
9	0.1429	0.1429	0.1250	0.1111	0.1667	0.1250	0.2000	0.1250	1

Рис. 5. Матрица парных сравнений для второго уровня

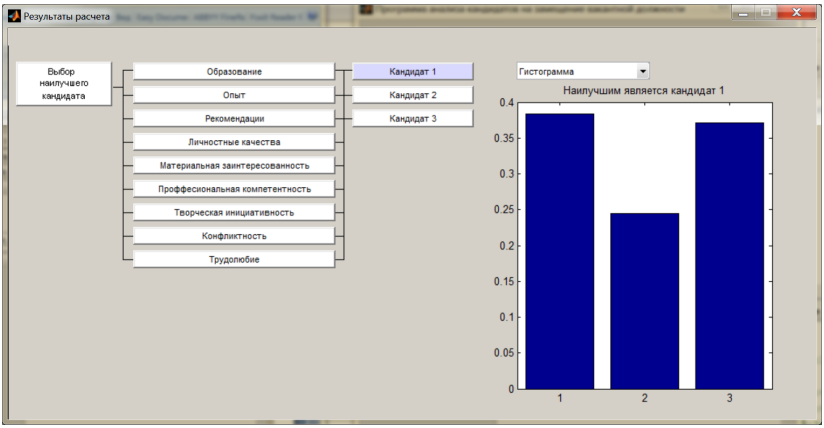


Рис. 6. Результаты расчета

Заключение

Разработанное приложение может использоваться при формировании пользовательского интерфейса для анализа возможных претендентов на замещение вакантной должности проиллюстрированы работой метода анализа иерархий (МАИ).

Список литературы

1. Леденева Т. М. Обработка нечеткой информации: учебное пособие / Т. М. Леденева. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. – 233 с.
2. Андрейчиков, А.В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Основы стратегического инновационного менеджмента и маркетинга / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М. : Книжный дом Либроком, 2012. – 248 с.
3. Андрейчиков, А.В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза ин / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М. : Ленанд, 2015. – 306 с.
4. Дорогов, В.Г. Введение в методы и алгоритмы принятия решений: Учебное пособие / В. Г. Дорогов, Я. О. Теплова. – М. : ИД ФОРУМ, ИНФРА-М, 2012. – 240 с.
5. Набатова, Д.С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Д.С. Набатова. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 292 с
6. Дорогов, В. Г. Введение в методы и алгоритмы принятия решений: Учебное пособие / В. Г. Дорогов, Я. О. Теплова. – М. : ИД ФОРУМ, ИНФРА-М, 2012. – 240 с.
7. Зайцев, М.Г. Методы оптимизации управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы / М. Г. Зайцев, С. Е. Варюхин. – М. : Дело АНХ, 2015. – 640 с.

Алгоритм выявления плагиата в исходном коде программ

П. А. Морозов, email: morozov_p.a@bk.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе рассматриваются основные типы заимствования программного кода, проводится анализ методов представления исходного кода и выявления заимствований. Предлагается алгоритм, основанный на токенизации и реализации алгоритмов Хескела и Хиршберга.*

Ключевые слова: *плагиат, программный код, способы представления программ, токены, алгоритм Хескела, алгоритм Хиршберга.*

Введение

В современном мире любое образовательное учреждение имеет дело с проблемой плагиата учащимися частей или полных работ по различным темам, что не только нарушает авторские права, но и негативно сказывается на качестве получаемого образования. Данную проблему решают различные сервисы проверки текстовых работ на плагиат.

Но самостоятельная деятельность учащихся не ограничивается только лишь текстовыми работами. Так, преподаватели учебных заведений, ведущих подготовку IT-специалистов, проводят обучение и контроль работы с программным кодом, проверка на плагиат которого становится затруднительной с помощью вышеуказанных сервисов. Учащийся может копировать лишь часть исходного кода, изменить имена переменных и функций, поменять расположение блоков, что визуально изменит код работы, но не скажется на ее выполнении.

Кроме того, некорректные заимствования программного кода являются серьезной проблемой и при разработке программных продуктов.

Таким образом, становится актуальна задача разработки алгоритма, обеспечивающего автоматическое выявление некорректных заимствований исходного кода программ на разных языках программирования. Метод должен позволять обнаруживать различные типы заимствования с достаточной точностью для его использования

© Морозов П. А., 2021

как при проверке учебных работ, так и в дальнейшем для применения в области анализа программного кода программных продуктов.

1. Типы заимствования и обзор методов представления программ

Основными типами заимствования исходного кода программ являются [1]:

– Тип T1 – код скопирован без каких-либо изменений, т.е. идентичен оригинальному.

– Тип T2 – код скопирован с заменой идентификаторов (имен переменных, типов, функций, строковых литералов).

– Тип T3 – может включать заимствования T2, а также изменение копированного кода путем добавления, изменения или удаления его фрагментов.

– Тип T4 – копирование логики работы и функциональности. Синтаксически код может абсолютно отличаться от заимствованного. Данный тип крайне затруднителен для выявления, т.к. сложен в реализации и зачастую скопированный фрагмент не заимствован, а реализовывает одинаковую с оригиналом логику работы программы, т.е. фактически является заимствованием алгоритма, а не код программы.

Промежуточное представление программного текста (далее – представление) – это синтаксически и семантически эквивалентный исходному коду набор данных, над которым выполняется анализ [2]. Представление может быть выполнено в виде различных наборов данных:

– Текстовое представление.

Исходный код программы рассматривается как последовательность строк. Данная модель производит поиск заимствований аналогично поиску плагиата в текстах, что позволяет обнаружить только заимствования типа T1. К положительным сторонам использования этого представления можно отнести простоту реализации и независимость от языка программирования.

– Представление в виде абстрактного синтаксического дерева.

Поиск заимствований в коде на основе построения абстрактного синтаксического дерева (АСД) позволяет представить код в форме, не учитывающей информацию, которая не влияет на оригинальность [3]. Представление кода учитывает только логику программы.

АСД – это структурное представление кода, очищенное от элементов синтаксиса конкретного языка программирования, где узлами являются операторы, к которым присоединяются их аргументы, а те в свою очередь тоже могут быть составными узлами. Преимуществом использования этого представления является большое количество парсеров для разных языков программирования, а также возможность

нахождения заимствований типов T1 и T2 с высокой точностью, т.к. порядок следования частей кода становится неважен. К недостаткам относятся сложность реализации и длительное время работы алгоритмов построения и анализа АСД.

– Токенизированное представление [4].

Часто узлы АСД получаются из лексем, которые выделяются на этапе лексического анализа. Т.е. код преобразуется в последовательность лексических единиц с определенным значением, называемым токеном.

Токенизация осуществляется по следующему алгоритму:

– Каждому оператору языка программирования или группе операторов, имеющих схожее назначение, присваивается уникальный идентификатор. Значения идентификаторов назначаются заранее и для всех классов операторов.

– По полученным идентификаторам строится строка. В данной строке порядок токенов соответствует порядку следования их в исходном коде.

Такой подход позволяет игнорировать части кода, которые легко поддаются изменениям, а также выявлять заимствованные фрагменты кода, расположенные в разных местах программы.

Процесс токенизации зависит от конкретного языка программирования, т.е. поддержка нескольких языков возможна только при использовании нескольких лексических анализаторов. Также заимствования типа T3 при использовании такого представления обнаруживаются с небольшой точностью.

– Представление в виде метрик программы.

Представление основано на оценке различных метрик программы, в качестве метрик могут использоваться: количество вызовов функций, используемых переменных, циклов и т.д. Далее две программы сравниваются по соответствующим значениям метрик, если они близки или совпадают, то выявляется заимствование.

Данный метод не привязан к языку программирования, имеет высокую производительность реализующих алгоритмов и хорошую масштабируемость, но при этом в небольших программах, какими зачастую и являются учебные задания, метод выдает большое количество неверных данных для всех типов заимствования.

– Представление в виде ориентированного графа.

Заимствования выявляются на основе графа зависимостей программы (ГЗП) – ориентированного графа, объединяющего информацию о потоке данных и потоке управления.

Вершины ГЗП представляют операции программы, а ребра представляют зависимости между ними. Ребра разделяют на зависимости по данным и по управлению. После составления ГЗП анализируемых программ, для них осуществляется поиск схожих подграфов. Подграфы признаются схожими, если они связны и имеют совпадающие множества ребер. Данный метод отличается тем, что граф хранит информацию и о семантике, и о структуре, способствуя высокой точности обнаружения заимствований программного кода типов Т1, Т2, Т3. Недостатком представления является плохая масштабируемость графа и длительное время его построения и анализа.

2. Выбор модели представления программ

Для учебной деятельности важны следующие аспекты нахождения заимствования программного кода:

- поддержка нескольких языков программирования;
- высокая точность для небольших по объему исходного кода программах;
- поддержка нахождения как можно большего количества типов заимствования.

Все три типа заимствований с высокой точностью обнаруживаются только при использовании метода построения ГЗП, но алгоритм анализа на основе данного метода требует значительного времени на выполнение, что не является приемлемым для массовой проверки большого количества работ в режиме реального времени при проведении различных контрольных и самостоятельных работ.

Для поиска заимствований типов Т1 и Т2 наилучшим является метод токенизации. Также возможно расширять количество поддерживаемых языков с помощью добавления для них словарей токенов. Для реализации может использоваться готовый генератор парсеров, что позволит упростить задачу анализа языка до написания грамматики в расширенной форме Бэкуса-Наура.

3. Проектирование метода

На рисунке представлена блок-схема предлагаемого алгоритма выявления плагиата в исходном коде программ.

Предлагаемый алгоритм состоит из следующих шагов:

– Анализ языка программирования исходной программы и выбор словаря токенов. Словари строятся с учетом возможного сокрытия заимствования кода в виде замен эквивалентных операторов. Такие операторы будут записываться в словарь под одним идентификатором. Пример фрагмента словаря токенов для языка C++ представлен в таблице.

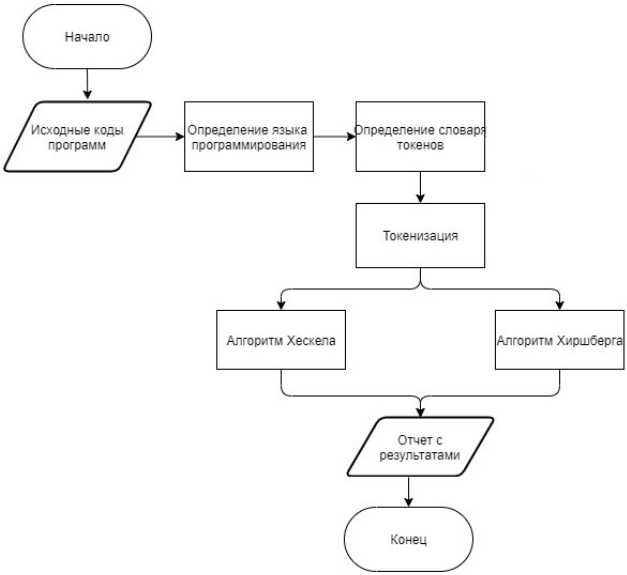


Рисунок. Метод выявления плагиата в исходном коде программ

Таблица

Пример фрагмента словаря токенов для языка C++

Идентификатор	Описание	Примеры
CYCLE	Циклы	for, do, while
CONDITION	Условные операторы	if, else
NUMBER	Числовые значения и константы	26, 4.2, -2.2e-8
TYPE	Типы переменных	bool, char, int, double
OPERATOR	Математические операторы и равенство	=, +, -, *, /, %
COMPARE	Операторы сравнения	==, >, <, >=, <=, !=
LOGIC	Логические операторы	&&, ||
BITS	Побитовые операторы	&, |, ^

– Проведение лексического анализа (токенизация). Программный код преобразуется в строки токенов. Далее необходимо провести анализ полученных строк для выявления в них общих фрагментов. Были проанализированы основные алгоритмы поиска плагиата в текстах и выбраны следующие два алгоритма: алгоритм Хескела и алгоритм

Хиршберга, т.к. они имеют наименьшие показатели затрачиваемых времени и памяти при достаточно высокой точности результатов.

– Алгоритм Хескела. На вход алгоритма даются две строки токенов, полученные на предыдущем этапе. Данные строки разбиваются на k-граммы (подстроки длины k). Для каждой пары k-грамм проверяется совпадение со строками, лежащими над ними. При совпадении проводится аналогичная проверка для этих строк, пока не будет найдено несовпадение. Также для строк, лежащих ниже k-грамм. Таким образом получаем множество непересекающихся подстрок.

Результатом работы алгоритма будет числовое значение – вероятностная мера Иверсена, аналог коэффициента Жаккара [5]. Данное значение можно считать приблизительной оценкой сходства двух программных кодов. Для удобства оценки значение получается в процентном виде.

$$K(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} * 100, \quad (1)$$

где A, B – множества выявленных непересекающихся подстрок в сравниваемых программах.

– Алгоритм Хиршберга [6]. Данный алгоритм является оптимизированной версией известного алгоритма Вагнера-Фишера, т.к. затраты памяти линейные, а не квадратичные. Он позволяет вычислить кратчайшее расстояние Левенштейна, которое отражает сходство между двумя строками [7].

Сходство двух строк измеряется как количество замен, вставки и удаления, необходимых для преобразования одной строки в другую. Расстояние Левенштейна увеличивается в зависимости от количества преобразований, необходимых для превращения одной строки в другую. Чем больше расстояние – тем меньше сходство двух строк.

Одна строка делится на две равные части, и при вычислении значений матрицы предыдущие столбцы удаляются. Таким образом заполняются обе части матрицы, а затем выбирается минимум сумм значений левой и правой части матрицы. Аналогично задача делится для подстрок, подразделение завершается, когда не останется ни одной подстроки длины больше 1. Получается список разбиений, на основе которого рассчитывается расстояние Левенштейна и вычислить значение, выражающее процент схожести двух программ.

$$K(A,B) = \left(1 - \frac{LD}{Max(A,B)}\right) * 100, \quad (2)$$

где A, B – длины проверяемых строк, LD – расстояние Левенштейна.

– Оценка заимствования. По завершении работы двух алгоритмов возвращаются результаты проверки по каждому из них. Чем больше определенный процент, тем больше вероятность того, что проверяемый программный код является плагиатом. Для окончательного определения необходимо высчитывать среднее значение результатов и установить пороговое значение, превышение которого будет означать, что выявлен плагиат.

Заключение

В данной работе рассмотрены основные типы заимствований программного кода. Проведен анализ способов представления исходного кода и алгоритмов выявления заимствований. На основе анализа предложен собственный алгоритм, основанный на токенизации и реализующий алгоритмы работы со строками Хескела и Хиршберга. Применение предложенного алгоритма позволяет определить процент схожести двух программ, который может быть использован для оценки присутствия плагиата.

Предложенный алгоритм учитывает поддержку нескольких языков программирования и требования к скорости проведения анализа для использования при проверке программ в рамках учебных курсов.

Список литературы

1. Roy C. K. A survey on software clone detection research / C. K. Roy, J. R. Cordy // Tech. Rep.2007-541, School of Computing. – Ontario, Canada, 2007. – С.14-18.

2. Зубов М.В. Подходы к статическому анализу открытого исходного кода / М.В. Зубов, А.Н. Пустыгин, Е.В. Старцев // Матер. 8-й Междунар. конф. “Linux Vacation” Eastern Europe. – Брест: Альтернатива, 2012. – С.36-40.

3. Лаздин А.В. / Метод построения графа функциональной программы для решения задач верификации и тестирования / А.В. Лаздин, О.Ф. Немолочнов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2002. – №6. –С. 118-121.

4. Сорокин Д.С. / Увеличение стойкости метода токенизации к внесению изменений при обнаружении плагиата в исходном коде / Д.С. Сорокин, А.Н. Шиков // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2014. – № 11. – С.132-136.

5. Iversen J. Über die Korrelationen zwischen den Pflanzenarten in einem grönlandischen Talgebiet / J. Iversen // Vegetation. – 1954. – №1. – С. 238-246.

6. Hirschberg D.S. A linear space algorithm for computing maximal common subsequences / D.S. Hirschberg // Communications of the ACM. – 1975. – №6. – С. 341-343.

7. Желудков А. В. Особенности алгоритмов нечёткого поиска / А. В. Желудков, Д. В. Макаров, П. В. Фадеев // Инженерный вестник. – 2014. –№12 – С. 501-510.

Выявление дискретного носителя знаний в процессе глубокого обучения с помощью технологии OLAP

В. И. Пименов, email: v_pim@mail.ru
И. В. Пименов

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *Рассматривается методика построения и интерпретации OLAP-куба с бинарными мерами из данных, полученных на обученной нейросети. Такая дискретная форма имплицирует выделенные классы объектов с помощью обобщающих правил и обеспечивает когнитивную визуализацию классов в многомерном пространстве.*

Ключевые слова: *многомерный анализ данных, глубокое машинное обучение, нейронная сеть, OLAP-куб, когнитивные технологии, решающее правило.*

1. Стратегия развития искусственного интеллекта

В рамках стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и в других проектах уделяется внимание перспективным технологиям искусственного интеллекта, к которым относятся системы поддержки принятия решений, машинное зрение, обработка естественного языка, распознавание и синтез речи, распознавание изображений, информационный поиск, машинный перевод, биометрическая аутентификация, символьное моделирование рассуждений и другие методы. Их использование способствует повышению экономической эффективности предприятий, улучшению бизнес-процессов и формированию принципиально новых направлений деятельности в сферах управления логистикой, оптимизации планирования поставок, финансовых операций, производственных процессов, прогнозирования рисков, повышения удовлетворенности потребителей, оптимизации процессов подбора кадров, составления графика работы сотрудников, диагностики заболеваний, подбора дозировок лекарственных препаратов, оптимизации выбора профессии с помощью анализа показателей эффективности обучения [1].

© Пименов В. И., Пименов И. В., 2021

В рамках слабого искусственного интеллекта используются алгоритмы глубокого машинного обучения. Они трудно интерпретируются и решают только узкие классы задач. Создание сильного искусственного интеллекта, универсального в применении к различным задачам, способного функционировать, адаптироваться и взаимодействовать с внешней средой подобно человеку, является сложной научной проблемой.

При переходе производства на цифровой формат, включения в контур управления различных датчиков, привлечения информации из внешних источников и интернета происходит взрывообразный рост объемов данных, что заставляет использовать технологии агрегирования и обработки данных, выполнять построение модели “белого ящика”, осуществлять семантическую интерпретацию решений с их последующим предоставлением клиентам. Чтобы решить все актуальные проблемы имеющихся задач искусственного интеллекта на период до 2030 года, будет достаточно существующего объема разнообразных данных из открытых источников.

В проблеме извлечения знаний из данных инструментальной базой являются методы многомерного анализа и машинного обучения [2]. Разнотипность признаков объектов, их взаимозависимость, необходимость организации данных при обработке, делают сложным комплексное, системное использование методов. При существующей многомерности в описаниях объектов предметной области, автоматическое создание баз знаний и интеллектуальных систем может основываться на универсальном алгоритме сильного искусственного интеллекта, комплексно использующем методы многомерного анализа и обеспечивающем семантическую интерпретацию полученных решений. В процессе обучения ранжируются значимые атрибуты, классифицируются данные, структурируются и отбираются понятия, представляющие объект, и устанавливаются причинно-следственные связи между свойствами объекта и его показателями эффективности, а также выполняется их когнитивная визуализация.

При обучении систем классификации и распознавания преобразование непрерывного признакового пространства в конечное множество классов может быть организовано с помощью модели, представленной многомерным OLAP-кубом с бинарными мерами. Такая дискретная форма знаний обеспечивает возможность их интерпретации на основе различных методов, например, продукционных правил, и позволяет выполнять когнитивную визуализацию многомерных классов.

2. Классифицирующая нейронная сеть как модель “черного ящика”

Разработка правил и алгоритмов, определяющих принадлежность многомерного объекта к определенному классу и осуществляющих визуализацию найденного решения, базируется на предварительной кластеризации данных на значимые части.

Индуктивное обучение нейросетевых моделей использует описания объектов ω_i, $i = \overline{1, n}$,значениями признаков $(x_{i1},...,x_{ij},...,x_{iN})$, которые характеризуют свойства $\{X_j \,|\, j = \overline{1, N}\}$ объектов-прецедентов. Для построения модели классификации также указывается принадлежность объектов ω_i к одному из классов Ω_m, $\Omega_m \subset \Omega$, $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup ... \cup \Omega_M$. Имея достаточный априорный словарь признаков, можно сформировать сепарабельное пространство, в котором объекты обучающей выборки разделяются непересекающимися выпуклыми оболочками классов (рис. 1).

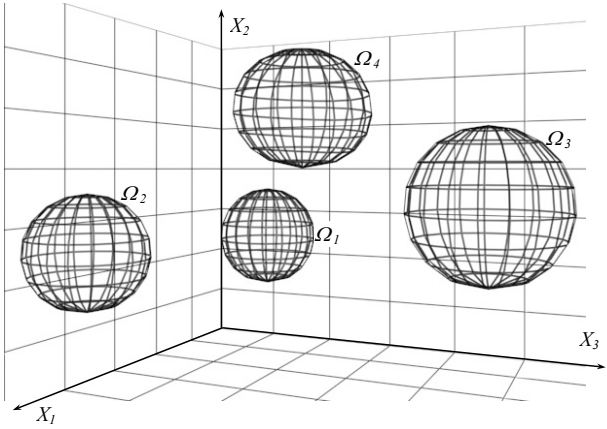


Рис. 1. Оболочки классов в многомерном пространстве

В процессе обучения нейронной сети знания формируются как набор весовых коэффициентов связей между нейронами (рис. 2). Поскольку обучение нейросетевой модели основано на подходе “черного ящика”, то, несмотря на широкий спектр решаемых задач, объяснение и вербализация полученных нейросетью результатов чрезвычайно затруднительны [3].

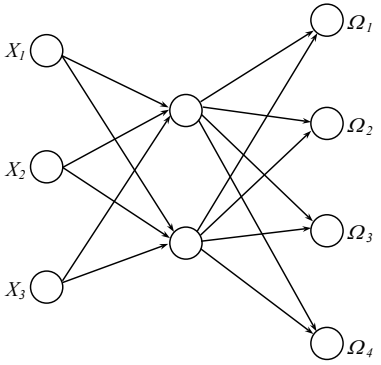


Рис. 2. Структура классифицирующей нейросети

Однозначное отображение характерных и общих признаков класса объекта в многомерных непрерывных пространствах является проблемой при визуализации решений.

3. Обученная нейросеть – источник извлечения дискретного носителя знаний

В процессе классификации нейросетевая модель преобразует непрерывное признаковое пространство в конечное, дискретное множество классов.

При интерпретации построенной нейросети примем во внимание, что закономерности обработки информации выражаются связями между нейронами, а сущности предметной области представляются вектором выходных сигналов. Для выражения в явной форме связи между комбинациями значений N признаков и классами может быть применена дискретная модель многомерного OLAP-куба с бинарными мерами (значениями ячеек) [4].

Метками измерений являются градации значений признаков.

Число градаций признаков и места расположения порогов определяются в процессе адаптивного квантования признакового пространства с помощью алгоритма минимального числа порогов, обеспечивающего разделение всех классов, непересекающихся по данному признаку [5].

Построение интервалов изменения исходных признаков $\{X_j \,|\, j = \overline{1,N}\}$ внутри заданных классов Ω_m выполняется посредством независимого варьирования значения X_j на входе многослойной

нейронной сети при выставленных средних значениях остальных признаков, когда срабатывает m-й выходной нейрон.

Если значения количественного признака X_j принадлежат интервалу с номером i, или у объектов m-го класса установлен бинарный признак X_j, то градации значений признаков x_{ij} для класса Ω_m принимают единичные значения в ячейках OLAP-куба

$$x_{ij}(m) = \begin{cases} 1, \exists \omega \in \Omega_m,\ x_j \in (d_{(i-1)j},\ d_{ij}), m = \overline{1, M}, i = \overline{1, t_j}, \\ 0, \text{ в противоположном случае,} \end{cases}$$

где t_j – количество градаций (номинальных значений) признака X_j.

Подкуб дискретизированного многомерного пространства для класса Ω_4 представлен на рис. 3.

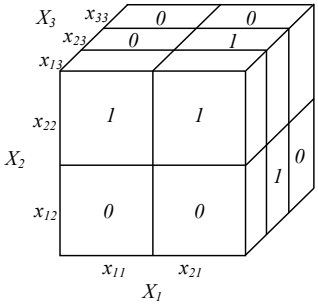


Рис. 3. Подкуб Ω_4 дискретизированного многомерного пространства

Значения признаков в таком дискретном классифицирующем пространстве выставляются в виде единичных элементов OLAP-куба и пороговых уровней. Таким способом обеспечивается легкая семантическая интерпретация решающего правила, построенного на основе обученной нейросети.

4. Интерпретация дискретного носителя знаний

Для интерпретации OLAP-куба с бинарными мерами используется система продукционных решающих правил, выбирающих класс объектов с учетом комбинации значений дискретизированных признаков

$(X_1, X_2, ..., X_N) \xrightarrow[(X_1, X_2, ..., X_N)]{} \Omega_m$, N – глубина пространства поиска.

Правила-продукции имеют вид

$$\text{"Если } (x_j \in (d_{(i-1)1}, d_{i1})_m \text{ и} \ldots x_j \in (d_{(i-1)j}, d_{ij})_m \text{ и} \ldots$$
$$x_N \in (d_{(i-1)N}, d_{iN})_m), \text{ то } \omega \in \Omega_m \text{"},$$

где x_j – значение j-го признака, $j = \overline{1, N}$; $(d_{(i-1)j}, d_{ij})_m$ – i-й интервал квантования для класса объектов Ω_m.

Значения признаков объекта указывают на ячейки OLAP-куба. При распознавании происходит поэлементная конъюнкция ячеек, выделяющая единичную ячейку, соответствующую коду класса. Найденному объекту соответствует пространство “своих” градаций.

5. Когнитивная визуализация многомерных образов

Однозначное и точное отображение характерных и общих признаков класса объектов является проблемой при визуализации решений в многомерных непрерывных пространствах.

Если данные спроецировать на плоскость, заданную пользователем, или отобразить признаковое пространство в пространство главных компонент, то используя когнитивное облако точек, можно визуализировать решение. Однако нахождение оптимальной ориентации плоскости проекции требует значительных усилий, учитывая многомерность данных. Для однозначной идентификации класса на основе OLAP-куба требуется проанализировать $N(N-1)/2$ срезов.

Когнитивная визуализация построенного, в процессе глубокого обучения, бинарного куба выполняется в пространстве “признак – градация признака” (рис. 4). Образ класса выглядит как прямоугольная карта с ячеистой структурой размерности $N \times T$. Максимальное количество градаций T задается по наиболее дискретизированному признаку. При безошибочном разделении нейросетью объектов обучающей выборки, образы классов в дискретизированном многомерном пространстве являются уникальными.

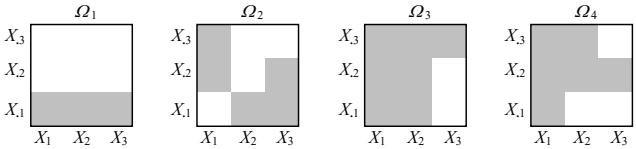


Рис. 4. Образы классов после кодирования в дискретизированном многомерном пространстве признаков

Нелинейная сигмоидная функция активации с достаточной крутизной выполняет бинаризацию суммарного сигнала и применяется для заполнения бинарной карты. Отличная от нулевой мощность характеристического множества классов на t-м интервале квантования j-го признака означает заполнение ячейки черным цветом для соответствующей t-й градации j-го признака.

Для каждого m-го образа можно определить его интегральные показатели – сумму градаций по всем дискретизированным признакам и разброс значений признаков, которые определяют местоположение и размер класса в многомерном пространстве.

Заключение

Иерархическая организация признаков, использующая множество нелинейных преобразований низкоуровневых атрибутов в высокоуровневые показатели, позволяет получить хорошие результаты, применяя методы глубокого машинного обучения. Такие методы моделируют абстрактные категории, которые сложно интерпретировать.

Происходящее в процессе обучения адаптивное квантование многомерного признакового пространства, накопление комбинаций значений дискретизированных признаков, имплицирующих выделенные классы объектов с помощью обобщающих правил и обеспечивающих семантическую интерпретацию дискретного носителя знаний, позволяют извлечь OLAP-куб с бинарными мерами из данных, полученных на обученной нейросети. Квантование и сжатие признакового пространства дают возможность интегрировать когнитивный образ в простую геометрическую фигуру.

Список литературы

1. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ivo.garant.ru/#/document/72838946/paragraph/12:0

2. Пименов, В. И. Методика анализа больших данных в системах поддержки принятия решений / В. И. Пименов, И. В. Пименов // IT-технологии: развитие и приложения: материалы XV-й междунар. конф. (Владикавказ, 12-14 декабря 2018 г.). – Владикавказ, 2018. – С. 321-332.

3. Xuan, L. Improving the interpretability of deep neural networks with knowledge distillation / L. Xuan, W. Xiaoguang, M. Stan // IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW). – 2018. – P. 905-912.

4. Davardoost, F. Extracting OLAP cubes from document-oriented NoSQL database based on parallel similarity algorithms / F. Davardoost,

Sangar A. Babazadeh, K. Majidzadeh // Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering. – Spring, 2020. – Vol. 43. – No. 2. – P. 111-118.

5. Пименов, В. И. Когнитивная обработка многомерных данных на основе построения дискретных моделей знаний / В. И. Пименов, И. В. Пименов, Е. С. Кокорин // Сборник трудов международной научной конференции “Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики” (Воронеж, 11-13 ноября 2019 г.). – Воронеж, 2020. – С. 338-344.

Применение алгоритмических методов и машинного обучения для решения задач компьютерной лингвистики

Е. В. Полицына , email: kathrin.beaver@mail.ru
С. А. Полицын,
М. В. Зеленова

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Рассмотрено применение алгоритмических методов и методов машинного обучения в компьютерной лингвистике, проанализированы основные проблемы, связанные с компьютерным анализом естественного языка. Предложены методы совместного применения классических алгоритмических методов и методов машинного обучения для решения некоторых практических задач компьютерной лингвистики, проанализированы полученные результаты.*

Ключевые слова: *компьютерная лингвистика, машинное обучение, автоматизированный анализ текста, векторизация текста.*

Введение

Компьютерная лингвистика в настоящее время является одной из быстроразвивающихся областей науки, что обусловлено огромной потребностью в средствах автоматического анализа текстовых данных. Это доказывает как большое количество новых предлагаемых методов, количество публикаций в области автоматической обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), так и большая востребованность средств компьютерной лингвистики в смежных областях, в первую очередь при разработке различных приложений даже в тех сферах, где на первый взгляд работа с текстом не требуется. Однако практически в любом современной информационной системе присутствуют, например, возможности поиска текстовых данных (имен, фамилий, товаров и др.), средства фильтрации данных и т. д. – всё это требует применения средств NLP, причем, зачастую, с высокими требованиями по скорости работы и точности результата. При этом пользователи, исходя из своего понимания результата анализа текста так, как это делает человек, по умолчанию ожидают достаточно “интеллектуальной” работы информационных систем, например, что при поиске слов будут найдены все их формы, а не будет осуществлен

© Полицына Е. В., Полицын С. А., Зеленова М. В., 2021

поиск подстроки по точному совпадению. Кроме того, крупные поисковые системы дают пользователям возможность поиска по источникам на другом языке, выводят результаты по нечеткому совпадению и т.д., т.е. активно используют возможности NLP. Все это делает использование алгоритмов и средств автоматической обработки текстов неотъемлемой частью любой информационной системы, работающей с текстовой информацией.

1. Анализ проблем NLP

При первом взгляде на задачи автоматической обработки естественно-языкового (ЕЯ) текста у разработчиков информационных систем часто складывается мнимое ощущение их простоты, т.к. их простейшие решения для частных случаев конкретной предметной области, конкретного примера на конкретном языке действительно могут сводиться к использованию стандартных средств обработки строк в любом языке программирования. Однако, использование подобных решений даже на чуть более широком наборе данных, делает очевидным их неработоспособность для огромного количества нюансов ЕЯ.

ЕЯ текст является сложным объектом анализа, т.к. содержит множество фраз, допускающих двоякое толкование, имеет слова и выражения в переносном значении или даже эвфемизмы, различные выразительные средства, допускает пропуски частей слов и предложений, которые по мнению автора текста являются “очевидными” или общепринятыми и т.д. Это сильно затрудняет автоматизацию его анализа в целом и снижает качество результатов на каждом из этапов анализа (графематический, морфологический, семантико-синтаксический).

Главной же проблемой, с которой сталкивается любой исследователь ЕЯ текста является богатство средств выражения, которое порождает неоднозначность создаваемого текста, правила составления отдельных слов, предложений и текста целиком сложны, имеют множество нюансов, зависят от культурного контекста и в целом допускают различные способы выражения одной и той же мысли. Эта многозначность также проявляется на всех уровнях анализа, и зачастую, чтобы машине “понять” единицу языка, т.е. разрешить многозначность надо либо обладать какими-то дополнительными знаниями об авторе, предметной области, контексте описываемого события и др. либо, в более простом случае, попытаться разрешить эту неоднозначность на следующих этапах анализа [1], т.к. неоднозначности в ЕЯ могут быть разных видов, например:

- Фонетическая (“скрип колеса” или “скрипка-лиса”).
- Морфологическая (“село”, “мыло”, “мой”, “три”).

– Лексическая (“рожа”).

Синтаксическая (“мужу изменять нельзя”, “критика ученого”). Учет всех особенностей ЕЯ текстов при его автоматическом анализе делает крайне сложной решение глобальной задачи “научить машину понимать текст”, однако без ее решения невозможно в полной мере реализовать в информационных системах действительно “интеллектуальную” обработку текста. Для решения и практических, и исследовательских задач NLP с учетом существующих проблем NLP в настоящее время сложилось два основных подхода: подход, основанный на использовании алгоритмических методов, наборов правил для разрешения многозначностей различных видов и словарей и подход, основанный на применении статистических методов, в частности методов машинного обучения (Machine Learning, ML).

2. Формы представления текста для его автоматического анализа

Однако, для применения любого из подходов необходимо сначала привести ЕЯ текст к “компьютерному” виду, т.е. преобразовать исходный текст в “понятные” компьютеру структуры данных в терминах того или иного языка программирования.

Стандартное для любого языка представление текста в виде строки, состоящей из символов, для большинства задач автоматического анализа текста является бессмысленным. Поэтому первым шагом при решении задач NLP является разделение текста на его отдельные элементы – токенизация. В зависимости от решаемой задачи текст разбивается на какой-либо набор элементов (символы, слова, н-граммы(группы слов), словосочетания, предложения, абзацы). Обычно для решения практических задач представляют интерес слова и предложения.

Однако, даже с этим, на первый взгляд простым этапом, могут возникнуть трудности ввиду неоднозначного написания слов, символов отделения слов друг от друга, определения границ слов и предложений и др. Например, в германских языках принято объединять группы существительных в одну единицу, а в китайском – вообще не выделяются отдельные слова при письме.

При выделении границ предложений и простых предложений внутри сложных отдельные предложения бывает затруднительно отделить от однородных членов, а наличие сокращений в текстах часто способствует неверному определению границ отдельных предложений.

При анализе современных письменных Интернет-источников пунктуация часто используется не по прямому назначению, а для придания эмоциональной окраски тексту (смайлики, эмодзи и т. д.) [2], создавая новые элементы текста, которые часто не менее важны для анализа. Корректное выделение границ единиц текста сильно влияет на

качество результатов работы как методов алгоритмического подхода, так и подхода на основе методов машинного обучения.

3. Алгоритмические методы решения задач КЛ

Алгоритмические методы обработки текста исторически возникли первыми, за десятилетия исследований созданы модели, выдвинуто множество гипотез и построенных на них алгоритмов решения задач КЛ. Например, лексическая и морфологическая неоднозначность в программах Synan, Trigra и Accopost снимается с точностью около 90% [3]. Однако, часто качество работы алгоритмических методов чем-либо ограничено, например, метод, реализованный в системе русско-английского и англо-русского фразеологического машинного перевода RETRANS, позволяет снять омонимию слов с 99% точностью, но ограничением является базовый набор структур, расширение которого требует большого количества ручной работы [4].

Наличие проблемы однозначной обработки ЕЯ влечет за собой создание разнообразных инструментов для анализа текста, как небольших, решающих отдельные задачи (Lemmatizer, Greeb, Stemka, pyMyStem3, TreeTagger, Text Summarization, Tools4noobs и многих других), так и комплексов инструментов: AOT, GATE, LingPipe, UIMA, Texterra, среди коммерчески успешных систем стоит выделить ядро поисковых систем Google и Яндекс, инструменты компаний IBM, Яндекс и ABBYY.

Алгоритмические методы нашли применение в информационных системах для автоматизации работы с большими объемами текстовых данных, в поисковых, новостных, и рекомендательные системах, а также в системах, построенных на применении автоматического анализа текста: системы антиплагиата, спам-фильтры, системы перевода и др.

Разработка новых алгоритмических методов сопряжена с высокими требованиями к знанию ЕЯ, на котором идет обработка и лингвистики в целом. Нормы и правила ЕЯ постоянно меняются и развиваются, для многих правил списки исключений не меньше самого правила и т. д. Кроме того, требуются знания в технических областях: теория алгоритмов, теория графов, математический анализ, математическая статистика, программирование и т. Д. Все это делает проблематичным реализацию не только новых, но и существующих алгоритмов NLP при разработке прикладных информационных систем ввиду высоких требований к специалистам и большой трудоемкости.

4. Применение методов машинного обучения для решения задач КЛ

Акцент на использование статистических методов для автоматического анализа текста делался еще на заре развития NLP, но невозможность количественной оценки большинства особенностей ЕЯ сместила его в сторону алгоритмических методов с использованием некоторых статистических характеристик текстов.

Новой волной мощного применения статистических методов стало машинное обучение, которого представляет собой обширный подраздел области искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных “обучаться”, т.е. в результате работы метода со временем возрастает точность выдаваемого результата. Характерной чертой ML является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач. Основу методов ML составляет математическая статистика, численные методы, методы оптимизации, методы теории вероятностей, теории графов [5].

Поскольку в основе методов ML лежат методы из математической статистики, они лучше всего подходят для решения задач классификации, кластеризации, прогнозирования, поиска ассоциативных правил и др., в которых допустим ответ с определенным порогом вероятности. Причем, применительно к области КЛ к группе задач классификации относятся определение тональности текста, определение «замусоренности» текста и спама, непосредственно классификация по предметным областям или другим признакам. Примером задачи кластеризации может быть группировка новостей, поиск похожих синтаксических деревьев и др.

5. Векторизация текста

Компьютерное представление текста при использовании методов ML сводится к выделению некоторого “вектора признаков”, т.е. для исходного токена текста или для текста целиком выделяется некоторый набор признаков, с использованием которого происходит дальнейшая обработка. Самый простой способ – «сумка слов» (от англ. bag of words). В этом случае вектор признаков соответствует полному словарю текстовой выборки, для каждого слова считается количество вхождений в текст и это число устанавливается на соответствующую позицию в векторе. При таком подходе даже с применением оптимизации в виде предварительной нормализации слов длина вектора признаков соответствует размеру словника текста, при это для конкретного текста, а тем более для коротких текстов этот вектор сильно разрежен (состоит практически из одних нулей), обработка таких больших векторов является очень ресурсоемкой задачей, поэтому одним из направлений

исследований в ML в КЛ является создание методов, позволяющих уменьшить размер признаков. Среди таких методы выделяются 2 группы: общие, не требующие знаний о предметной области и специальные, которые требуют дополнительной информации о тексте или области и применимы только к конкретной задаче.

Среди общих методов применяются:

– n-граммы – комбинации из n последовательных терминов для упрощения распознавания текстового содержание. Этот метод определяет и сохраняет информацию о смежных последовательности слов в тексте.

– TF-IDF – учитывает соотношение частоты встречаемости конкретного термина и частоты документа, в котором он встречается.

– Word2Vec – набор методов для анализа естественных языков на основе дистрибутивной семантики и векторного представления слов, разработан группой исследователей Google в 2013 году [6]. Сначала создается словарь, «обучаясь» на входных текстовых данных, а затем вычисляется векторное представление слов, основанное на контекстной близости. При этом слова, встречающиеся в тексте рядом, в векторном представлении будут иметь близкие числовые координаты.

Примером использования специальных методов векторизации может являться разработанное приложение для определения мошеннических сообщений социальной сети “ВКонтакте” [7]. Сообщения в социальных сетях обычно короткие, часто отклоняются от норм языка и т.д., применение обычных методов векторизации показало их невысокую эффективность для этой задачи. Однако, если включить в вектор признаков специальную информацию о сообщении (например, содержание картинок, числительных, отдельных слов из словаря), то процент верно определенных мошеннических сообщений возрос до 90%.

6. Результаты применения алгоритмических методов и методов машинного обучения при решении задач КЛ

Результаты работы методов ML сильно зависят как от выбора способа векторизации, так и от качества подготовки обучающей выборки и, особенно, от “замусоренности” исходного текста. Решить эти проблемы позволяют алгоритмические методы КЛ, которые позволяют подготовить текст для последующего применения методов ML:

– провести разбиение длинных участков текста на более мелкие (абзацы, предложения, слова);

– привести текст к единому виду: единый регистр слов, отсутствие знаков пунктуации; произвести расшифровку сокращений и

их подстановку в нужной форме слов; заменить численное написание числительных на словесное и т.д.;

– привести слова к его корню (стемматизация) или к начальной форме слова: инфинитив для глагола, именительный падеж единственного числа – для существительных и прилагательных (лемматизация);

– провести “очистку” текста – удалить стоп-слова, не несущие смысловой нагрузки (артикли, междометия, союзы, предлоги и т.д.).

Предварительная подготовка текста значительно уменьшает размер вектора признаков для работы методов ML, при этом повышается их точность работы.

Методы ML могут применяться для проведения исследований в области КЛ, они показывают наилучшие результаты именно на больших массивах данных, обработка которых, зачастую, и необходима для подтверждения выдвинутых гипотез. Такой подход был использован для поиска слов-кандидатов в контекстные синонимы с одинаковыми или похожими морфологическими характеристиками.

Изначально, для поиска таких слов был применен алгоритмический подход: определялись морфологические характеристики слов в тексте в виде битовой шкалы размера 72 бита, где каждой характеристике соответствует от 1 до 4 бит в зависимости от количества вариаций ее значений. Реализация отдельных правил средствами инструментов морфологического анализа не является сложной задачей и позволяет получить точные результаты по написанному набору правил, однако создание набора сложных правил является сложной итерационной исследовательской задачей.

При векторизации вместо исходного слова использовался вектор его морфологических характеристик в численной форме, определенных с помощью алгоритмических методов (часть речи, род, число и т д.). Затем проведена их кластеризация средствами Weka 3.9.4, наилучшие результаты были получены методом HierarchicalClusterer. В результате определено, что при количестве кластеров на 1-2 меньшем, чем количество частей речи в тексте, в один класс попадают слова с похожими наборами ненулевых характеристик, а при количестве классов большем, чем количество различных частей речи в тексте, слова с разными значениями морфологических характеристик распределяются в разные классы, а в одни – с близкими их значениями.

Схожим образом была решена задача поиска одинаковых синтаксических структур. Для ее решения могут применяться чисто алгоритмические методы, но тогда количество правил, которые надо запрограммировать будет велико, а их расширение потребует

привлечения разработчика. Кроме того, рекурсивный обход синтаксических деревьев на больших объемах данных, особенно для текстов с длинными и сложными предложениями, будет занимать длительное время. С использованием же методов машинного обучения и предложенного способа векторизации текста на основе морфологических характеристик слов решение задачи занимает много меньшее время как реализации, так и обработки. Это позволяет получить большой объем данных для дальнейшего более глубокого анализа предложений со сходной синтаксической структурой.

В рамках исследования проанализированы проблемы использования методов ML в NLP, которые могут быть решены за счет совместного применения классических алгоритмических методов и методов машинного обучения. В первую очередь, для всех задач NLP нужны алгоритмические инструменты графематического и морфологического анализа, которые позволяют подготовить исходные данные, а также уменьшить размер вектора признаков. Сам вектор признаков, ориентированный на решение конкретной задачи, как и подготовка обучающей выборки в целом, требуют знаний в области алгоритмов обработки ЕЯ.

Заключение

Проведенный анализ методов решения задач компьютерной лингвистики показал, что богатство и сложность естественных языков порождают огромное количество разноплановых задач. Для их решения применяются как алгоритмические методы, так и методы машинного обучения.

Проведенное исследование позволило выделить ряд критериев для определения возможности и оптимальности применения тех или иных методов. Таким образом, хорошо по качеству результату и оптимально по времени реализации показывает себя применение методов ML при наличии большой выборки текстов с ярко проявленной закономерностью в структуре текста, его форме, лексике и т.д. Это позволяет разработчикам не углубляться в тонкости предметной области и лингвистики, что существенно сокращает время разработки и требования к специалистам ее осуществляющим.

В случае же наличия текстовых данных, отличающихся своим разнообразием или же невозможности подготовки корпуса текстов для применения методов ML, а также при исследовании различных языковых явлений в текстах, безусловно требуется создание новых алгоритмических методов.

Применение существующих алгоритмов NLP, реализованных в программных инструментах, позволяет разрабатывать новые способы

векторизации текстов, исходя из знания предметной области и особенностей решаемой задачи. Это практически не способствует развитию новых методов автоматического анализа текста, однако позволяет получить хорошие результаты решения конкретной задачи за приемлемое время, что крайне важно при разработке прикладных систем.

Таким образом, применение и развитие как алгоритмических методов, так и машинного обучения, являются крайне важными и актуальными направлениями развития в области NLP, а также позволяет успешно применять достижения в области автоматического анализа текста для реализации интересных и полезных функций в самых разных информационных системах.

Список литературы

1. Politsyna E. V. 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. – pp. 25-33.
2. Кубратова, Ю.А. Использование смайлов в современной коммуникации / Ю.А. Курбатова // Устойчивое развитие науки и образования, №9 2018, сс 202-206
3. Сокирко, А. В. Сравнение эффективности двух методик снятия лексической и морфологической неоднозначности для русского языка / А. В. Сокирко, С.Ю. Толдова // Интернет-математика 2005. – М., 2005. – С. 80-94.
4. Белоногов, Г.Г. Интерактивная система русско-английского и англо-русского машинного перевода политематических научно-технических текстов / Г.Г. Белоногов, Ю.Г. Зеленков, Б.А. Кузнецов, А.П. Новоселов и др. // Научно-техническая информация, сер. 2. – № 3, 1993. – С. 20-27.
5. Найдёнова, К.А. Машинное обучение в задачах обработки естественного языка: обзор современного состояния исследований / К.А. Найдёнова, О.А. Невзорова // Ученые записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки. – 2008. – №4. – С. 5-24.
6. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // In Proceedings of Workshop at ICLR. – 2013
7. Петраш, Я.П. Разработка инструмента для выявления мошеннических сообщений социальной сети «ВКонтакте» / Я.П. Петраш, Д.А. Тихонова // Материалы XIX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Россия, Воронеж, 2019, С. 1513-1518.

Создание информационной системы хранения и учёта англо-русских эвфемизмов

А. С. Попов, email: alexey.popov1440@gmail.com

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Проанализированы проблемы, возникающие при переводе эвфемизмов и выявлены недостатки, которыми обладают доступные программные решения. Разработана система, обладающая необходимыми функциями, описана её архитектура, основные алгоритмы и возможности.*

Ключевые слова: *Эвфемизмы, перевод, русский язык, английский язык.*

Введение

В настоящее время в мире обсуждается всё, от выхода нового фильма до общественно значимых событий. Однако, прямо говорить о количестве жертв происшествий, или о проблемах общества, таких, как дискриминация различных слоёв населения в СМИ не принято. В таком случае в прессе и иных открытых источниках используются эвфемизмы.

Эвфемизм – слово или выражение, заменяющее другое, грубое или неуместное для данной обстановки [1]. Эвфемизмы существуют уже на протяжении долгого времени. Так, датой начала исследования эвфемизмов в Европе и Америке можно считать 1661 год, когда вышла книга Т. Блаунта «Глоссография», в которой он давал следующее определение: «Эвфемизмы – хорошая или выгодная интерпретация плохого слова» [2]. В России же тема эвфемизмов оставалась под негласным запретом до последнего десятилетия XX века [3]. Поэтому, когда за рубежом регулярно создавались и переиздавались словари эвфемизмов, в России такой традиции не существовало, а практика межъязыковых сопоставлений эвфемизмов только зарождается.

Очевидно, что сферой, в которой эвфемизмы используются наиболее часто является сфера политики, так как действия государств не всегда бывают мягкими и, для того чтобы минимизировать народные возмущения, либо скрыть какие-либо неэтичные поступки, политикам в их высказываниях приходится скрывать истинное положение дел, используя эвфемизмы. Так, например, слово «activity» в комментариях о

© Попов А. С., 2021

разных событиях может обозначать как дипломатические операции в одном случае, так и военные действия в другом.

Поэтому при переводе эвфемизмов, необходимо учитывать все прошлые употребления эвфемизма и анализировать историю его употребления, чтобы правильно определить его аналог на другом языке.

Также, использование эвфемизмов значительно усложняет программный перевод текста, так как программа не способна распознать смысл, скрытый за эвфемизмом. Автоматический анализ текстов также усложняется, так как эвфемизмы зачастую могут состоять из слов, не имеющих прямого отношения к тексту, что может привести к некорректным результатам работы программы.

В результате исследований эвфемизмов были созданы словари для разных языков: «Holders Dictionary of Euphemisms» [4] и «Rawson H. Dictionary of Euphemisms and Other Doubletalk» [5] на английском языке, «Словарь эвфемизмов русского языка» Е.П. Сеничкиной [6] на русском языке. Однако, так как эвфемизмы постоянно изменяются необходимо постоянно перевыпускать эти словари. Поэтому, гораздо целесообразнее использовать программные средства работы с эвфемизмами, что, в том числе, позволяет использовать их в системах автоматического анализа текста.

При проведении исследования были рассмотрены четыре крупных онлайн словаря английского языка: «TheFreeDictionary», «UrbanDictionary», «Oxford Learner’s Dictionary» и «Merriam-Webster». Было определено, что все словари из этого списка доступны на различных устройствах, благодаря наличию веб-версии, а также в них можно найти значения некоторых эвфемизмов, но ни один из них не предоставляет полный спектр возможностей, необходимых для проведения исследований и использования в системах автоматического анализа текстов, самыми важными из этих возможностей являются:

– наличие перевода на русский язык;
– возможность экспорта данных для локальной работы с ними;
– возможность расширения и обновления базы;
– возможность просмотра случаев употребления эвфемизма.

1. Требования к разрабатываемой системе

Таким образом были определены основные требования к разрабатываемой системе:

– наличие типизации эвфемизмов, их перевода на русский язык, и контекстов употребления;
– предоставление возможности фильтрации и поиска эвфемизмов и информации о них, согласно запросам пользователя

– предоставление возможности добавления новых элементов в систему, а также редактирования и удаления существующих;

– предоставление возможности экспорта и импорта данных, используя файлы в формате MS Excel;

– обеспечение разделения режимов работы пользователя и администратора.

На основании этих требований были выделены две роли пользователя в системе: пользователь и администратор системы. Пользователь может только просматривать и искать информацию в системе, у администратора есть доступ к редактированию, добавлению и удалению данных.

2. Архитектура системы

Для разработки системы был использован язык программирования Java, за счёт чего обеспечивается работоспособность системы на различных платформах. На рисунке 1 представлена диаграмма компонентов программы.

Для поиска по системе используются библиотеки «jMorfSDK» [7] для работы с русским языком и «pullentiSDK» [8] для работы с английским.

Для русско-английского перевода используется API Яндекс переводчика [9]. За счёт того, что Яндекс переводчик может работать с любым языком, доступна возможность расширения списка поддерживаемых языков, при наличии библиотек для работы с их морфологией.

3. Описание возможностей системы

Для поиска необходимой пользователю информации используются функции «Фильтр» и «Поиск». В системе существует два вида фильтров: простой и составной. Простой фильтр осуществляет фильтрацию только по выбранному полю, а при использовании составного фильтра пользователь может осуществлять фильтрацию сразу по нескольким полям.

При использовании поиска, пользователь может выбрать: использовать поиск без перевода или поиск с переводом. Далее представлен алгоритм работы поиска без перевода.

Поиск в системе осуществляется по всем данным, с учётом морфологических параметров слов, содержащихся в запросе. В поисковый запрос пользователь может вводить текст на русском или английском языках.

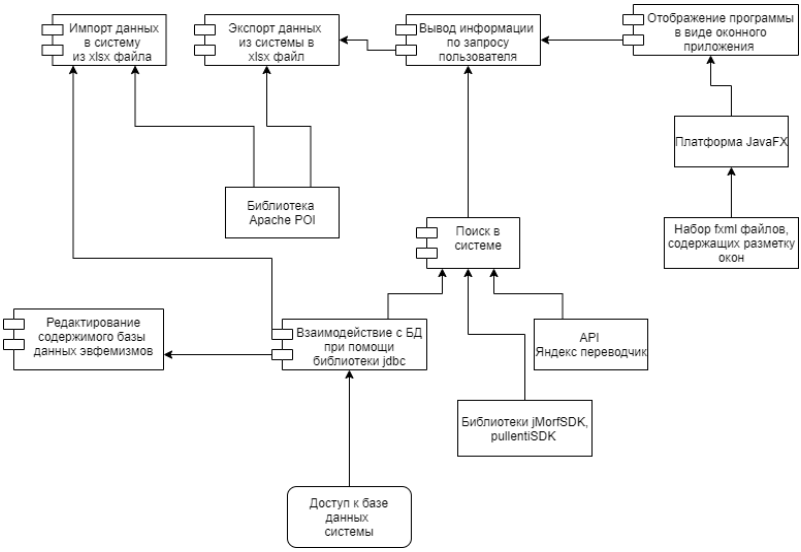


Рис. 1. Диаграмма компонентов системы

После ввода пользователем информации, системой выполняются следующие шаги:

– Определение языка введённого текста.

– Разделение введённого пользователем запроса на отдельные слова.

– Удаление из полученного списка слов служебных частей речи, что позволяет получить результаты, более точно соответствующие запросу пользователя.

– Нормализация всех слов из списка.

– Для каждого слова из полученного списка генерация всех его форм и поиск их вхождений в полях на соответствующем запросу языке.

– Проверка, не был ли найденный элемент уже добавлен в список результатов, чтобы избежать дублирования выводимых данных.

– Вывод полученного результата.

При использовании поиска с переводом, алгоритм идентичен для начального языка до момента вывода результата поиска на экран пользователя. Перед выводом результата на экран, среди слов, использованных для поиска, выбираются начальные формы слов и переводятся на второй язык, после чего алгоритм повторяется для всех форм полученных слов. Схема работы алгоритма поиска с переводом представлена на рис. 2. Элементы чёрного цвета представляют алгоритм

поиска без перевода, элементы красного цвета показывают шаги, появляющиеся в алгоритме поиска с переводом.

При определении требований к системе, было выделено требование разделения режимов работы пользователей и администраторов. Для этого в системе было реализовано два режима работы: стандартный режим и режим администратора.

Стандартный режим работы доступен всем пользователям системы после запуска. В стандартном режиме пользователю доступны:

– Запрос требуемых данных при помощи инструментов поиска и фильтрации;
– Экспорт всех данных системы или данных по текущему запросу

Режим работы администратора доступен только специалистам в области языка для предотвращения искажения или потери данных. В режиме администратора доступны дополнительные функции:

– Добавление/удаление/редактирование элементов;
– Импорт данных в систему;
– Редактирование списка пользователей с правами администратора.

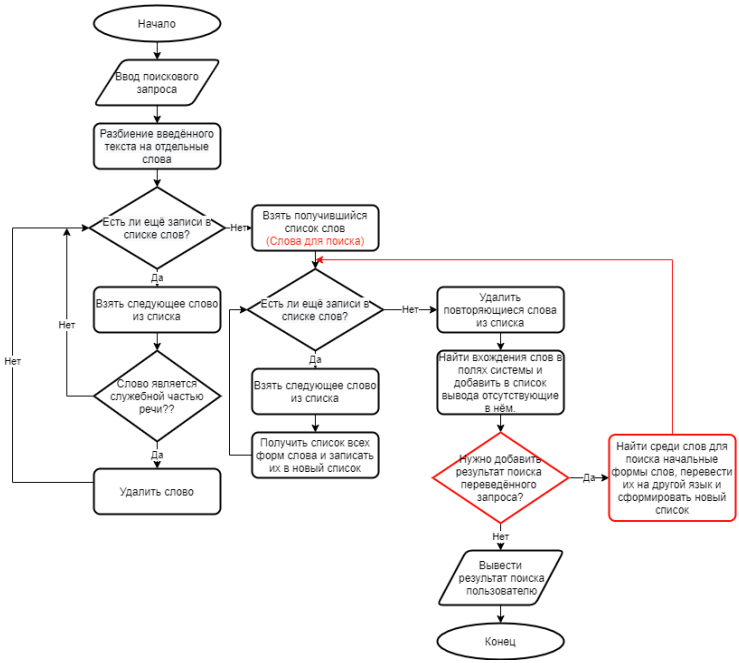


Рис. 2. Схема алгоритма работы поиска

Для доступа к режиму администратора необходимо запустить программу с ключом консоли «-admin», после чего, в меню «Файл» появится кнопка «Режим администратора», при нажатии на которую появляется форма ввода логина и пароля от аккаунта администратора.

Для добавления новых пользователей с правами администратора необходимо запустить программу в соответствующем режиме. Для этого необходимо запустить программу с ключом «-adduser», после чего программа откроется в консольном режиме и потребует пройти аутентификацию. Для запуска программы в режиме удаления пользователя требуется запуск с ключом «-edituser»

Заключение

Разработанная информационная система хранения и учёта англо-русских эвфемизмов реализует функции, которые отсутствуют в проанализированных существующих онлайн словарях. Отличительной особенностью системы является предоставление контекстов употреблений эвфемизмов, а также поиск по данным системы с учетом морфологических форм и переводов. Система поддерживает возможность экспорта данных для облегчения использования системы для программного анализа текстов, содержащих эвфемизмы.

Список литературы

1. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – 4-е изд. – Москва: АСТ 1997. – 736с.
2. Blount T. Glossographia / T. Blount. – London: Printed by Tho. Newcombe for George Sawbridge, 1661. – 691с.
3. Никитина, И.Н. Эвфемизмы как объект исследования в британской и американской лингвистике / И.Н. Никитина // Вопросы филологии. – 2008. – №2(29). – С.111 – 114.
4. Holder R. W. A Dictionary of Euphemisms (Oxford Quick Reference) 4th Edition / R.W. Holder. – 4-е изд. – Oxford: Oxford University Press, 2008. – 432с.
5. Rawson H. Dictionary of Euphemisms and Other Doubletalk / H. Rawson. – New York: Crown Publishers Inc, 1995. – 463с.
6. Сеничкина, Е.П. Словарь эвфемизмов русского языка / Е.П. Сеничкина. – Москва: Флинта, 2008. – 464с.
7. JMorfSDK – SDK для анализа и работы с русскоязычными текстами на естественном языке. – Режим доступа: https://github.com/jalexpr/jmorfsdk (Дата обращения: 20.05.2020)
8. PullEnti – SDK извлечение именованных сущностей. – Режим доступа: http://www.pullenti.ru (Дата обращения: 20.05.2020)
9. API переводчика Yandex. – Режим доступа: https://yandex.ru/dev/translate (Дата обращения: 20.05.2020)

Построение семантико-синтаксической модели текстов для определения их смысловой близости

А.С. Поречный , email: alex.porechny@mail.ru

НИУ «Московский авиационный институт», кафедра 319

Аннотация. *На сегодня автоматическая обработка текстов на естественном языке является востребованной и не в полной мере решенной задачей. Это подтверждается появлением в последнее десятилетие различных систем по автоматизации обработки естественного языка. Одной из задач обработки естественного языка является определение смысловой близости текстов. Для выделения смысла или семантики текста используется семантический или семантико-синтаксический анализ, причем такой анализ может проводится на разных единицах языка (словах, грамматических формах слова, словосочетаниях, понятиях, предложениях или наборах предложений). Задача определения близости текстов схожа с задачами, на решение которых направлены поисковые системы, системы вопрос-ответ, электронные помощники, системы перевода и т.д. Результаты исследований в области машинного перевода из-за своей специфики являются перспективными в использовании для решения задачи определения близости текстов. В статье предлагается семантико-синтаксическая модель текста, основывающаяся на совокупности метрик, которые рассчитываются по полученному семантико-синтаксическому представлению текста, и представляющая собой вектор признаков, характеризующих различные смысловые аспекты текста. Набор метрик может настраиваться в зависимости от решаемой задачи, что позволит применять предлагаемую модель для определения смысловой близости текстов с разной целью.*

Ключевые слова: *определение семантической близости текстов, естественный язык, семантико-синтаксическая модель, обработка текста, семантико-синтаксический анализ, семантический анализ.*

Введение

С появления первых ЭВМ человечество пытается описать естественных язык, «научить» ЭВМ обрабатывать тексты и речь на естественном языке и автоматизировать различные задачи:

© Поречный А.С., 2021

распознавание и анализ текста и речи, перевод, извлечение информации и т. д.

Первые попытки, проведённые в 70-х годах прошлого века, показали, что на ограниченной выборке словоформ и других ограничениях, обработка текста возможна. На сегодня же, обработка естественного языка встречается повсеместно в поисковых системах, вопросно-ответных электронных помощниках, автоматических переводчиках, системах определения заимствования, генерации текстов и т.д. Обработка естественного языка (NLP) ЭВМ практически общепринятым требованием к информационным системам.

Однако, уровень семантической обработки естественного языка все еще остается недостаточным, это обуславливается несколькими причинами, в т.ч. неоднозначностью различных единиц языка, начиная со слова, заканчивая набором предложений.

Появление в последнем десятилетии разнообразных инструментов семантической обработки языка, подтверждает отсутствие и востребованность алгоритмов такого рода обработки.

Одной из задач, где семантическая обработка является важнейшим элементом, является оценка смысловой близости текстов. Данная оценка востребована для структуризации неструктурированных данных (текстов, документов и т.д.), для повышения качества решения задач типа «вопрос-ответ», поиска плагиата, поиска текстов по запросу и т.д.

1. Семантико-синтаксической анализ

Выделение семантики текста – это процесс определения семантических отношений, на основе которых формируется семантическое представление текста. На основе полученного семантического представления возможно определить смысловую нагрузку текста, выделить затронутые темы, определить контекст использования отдельных смысловых единиц языка, что позволяет устранить их неоднозначность. Также семантическое представление текста позволяет определять смысловую близость различных текстов и их отдельных предложений.

В наиболее общем смысле семантический анализ текста представляет собою процесс выделения семантики из текста. Под семантикой обычно подразумевают содержание, информацию, передаваемую текстом или какой-либо единицей языка (словом, грамматической формой слова, словосочетанием, предложением или набором предложений) [1]. Ожидаемым результатом верного семантического анализа является получение смысла текста, который определяется не только текстом, но и контекстом, а также личным опытом, мировоззрением, привычками, интуицией и мироощущением

автора текста и т.д., наиболее наглядным примером такой зависимости является аллегория.

Семантически анализ может проводится на разных единицах языка (словах, грамматических формах слова, словосочетаниях, понятиях, предложениях или наборах предложений), при этом в зависимости от единиц языка могут решаться различные задачи.

Семантический анализ на уровне слова может включать устранение двусмысленности или неоднозначности слова, т.е. в зависимости от контекста определяется форма из набора омоформ слова, устранение лексической неоднозначности и т.д.

Семантический анализ на уровне слов, словосочетаний и понятий может включать определение контекстных синонимов, установление связей между словами и местоимениями, которые замещают их, определение идиоматических выражений и т.д.

Семантический анализ на уровне набора предложений может включать в себя определение отношений между предложениями, определение тем или предметных областей, а также установление ссылок между предложениями, отсылок в контекст, в котором используется анализируемый текст или на опыт читателя.

В реальных, а не теоретических системах, не всегда используется полное построение семантического представление, в основном строится синтаксическое представление, реже семантико-синтактические представления текста или его отдельных предложений.

Так, в системе АОТ производится поверхностный семантический анализ на основе синтаксического анализа, который строит синтаксические узлы и отношения между ними [2]. В проекте ЭТАП-3 используется теория «Смысл ↔□ Текст», где семантический анализ основан на толково-комбинаторном словаре [3]. В системе Nalaps семантический анализ происходит одновременно с синтаксическим с помощью механизма расширенных сетей переходов [4].

Таким образом, зачастую, нет необходимости полностью строить семантическое представление, достаточно использовать смешанные варианты. Так возможно определение схожести текста на основе слов, линейном поиске на основе пунктов, которые используют поисковые системы, стилистический анализ и т.д. [5].

2. Использование семантической обработки в схожих задачах с определением близости текстов

В последние годы активно разрабатываются и внедряются различное программное обеспечения, которое направлено на анализ и обработку информации на естественном языке. Так в 2013 году была представлена Word2vec от Google – совокупность моделей нейронной

сети, направленные на векторизацию слова на естественном языке, параллельно с этим появляются системы преобразования речи в текст с последующим анализом, такие как: DeepSpeech, MycroftAI. SemanticVectors, GloVe.

С 2007 года разрабатываются и обучаются модели SemanticVectors, поддерживающиеся участниками из Техасского университета, Технологического университета Квинсленда, Австрийского научно-исследовательского института искусственного интеллекта, Google Inc. и ряда других организаций и частных лиц.

В 2016 году Google презентовал голосового помощника, в основе которого лежит обработка речи, выделение семантической информации для последующей обработки. В 2017 году Яндекс представил голосового помощника для русского языка.

Задача определения близости текстов схожа с задачами, на решение которых направлены поисковые системы, системы вопрос-ответ, электронные помощники, системы перевода и т.д.

Необходимость в оценке близости текстов именно на семантическом уровне, а не на уровне графематики (например, алгоритм Шинглов) или морфологии, можно проследить на развитии поисковых систем. Первые поисковые системы использовали для индексации страниц ключевые слова, однако, быстро было установлено, что ключевые слова не всегда соответствуют содержимому страницы. Самостоятельное автоматическое выявление ключевых слов и словосочетаний повышало качество индексации. Внедрение алгоритма, который основывался на использовании статистических данных (поведение пользователя при выдаче различных вариантов поиска) повысило качество поиска, однако, требуется время для набора статистики для новых запросов, а также возникает задача по сопоставлению различных запросов, которые имеют одинаковую или схожую семантику. Для решения таких задач разрабатываются различные алгоритмы, например, алгоритм Палех от Яндекса, однако, такие алгоритмы все еще не совершенны. К тому же такие алгоритмы направлены на сопоставление большого текста на странице и небольшого запроса (запросы редки бывают более одного предложения).

Анализ систем, которые решают задачу вопрос-ответ в электронных помощниках, показал, что такие системы используют статистику или машинное обучение, например, модели SemanticVectors, которое также основываются на выделение закономерностей.

Популярные системы антиплагиата зачастую используют алгоритм Шинглов и редко применяют семантико-синтаксический или семантический анализ [6, 7, 8].

Семантический перевод текста на разные языки – это обратная задача определения близости текста. По сути семантический перевод означает перевод семантики текста с одного языка на другой с помощью схожих смыслов слов, словосочетаний, идиом, конструкций предложений и т.д. Необходимо отметить, что слова из разных языков редко имеют тождественную семантику, обычно они имеют некое пересечение смысла в определенном контексте или в сочетании с определенными словами.

Существует подход при переводе текста, который базируется на идее определения текстуальных понятий и их концентрации в тексте. Текстуальные понятия выделяются на основе критериев «единства концепта» (концептуальной связности) и «единства ситуации» (ситуативная связанность), далее в ходе анализа текста выделяются из текста семантически связанные комплексы, а затем определяются, как они связаны друг с другом [9].

Такой подход позволяет при переводе учесть предметные отношения, которые определяются спецификой умственной ситуацией, связанной с культурой языка оригинального текста. Под предметными отношениями имеется ввиду отношения между концептами, которые устанавливаются не внутри семантически связанных комплексов (пример семантического комплекса «молчание/немота/тишина»), а между такими комплексами.

В работе [10] вводится математическая мера близости текстов, которая использует описанные выше текстуальные понятия и их концентрацию в тексте.

Таким образом, наработки для решения задачи машинного перевода из-за своей специфики являются перспективными в использовании для решения задачи определения близости текстов.

3. Семантико-синтаксическая модель текста для определения смысловой близости

Одной из проблем построения и использования семантических моделей текста является то, что в целом семантический анализ и его результаты сильно отличаются в зависимости от решаемой задачи: поиск, сокращение объема текста (реферирование и аннотирование), сравнение текстов и т.д. Этим обуславливается и наличие множества различных семантических моделей, позволяющих формализовано описать различные аспекты текста.

Но одновременное построение и совместное использование сложных семантических моделей ресурсозатратно и проблематично, особенно для практического использования на произвольных текстах, а не только на ограниченном материале в исследовательских целях.

Для построения семантико-синтаксической модели предлагается использовать результат работы модуля семантико-синтаксического анализа фреймворка TAWT, который на вход принимает текст в символьном виде, а на выходе возвращает семантико-синтаксическую сеть (сети) текста, в вершинах, которого находятся формы слова с морфологическими характеристиками, а ребрами является семантико-синтаксическая связь.

При этом в модели также включает графы, которые описывают связи между предложениями и абзацами. Такие связи возникают на основе использования тех или иных понятий (понятие, определенное Г.Г. Белоноговым), таким образом возникает контекст связности (когезии) между предложениями в рамках текста. А Использование двухуровневого представления, описанного в работе [11], позволит значительно увеличить коэффициент когезии, за счет абстракций предоставляемым верхнем уровнем данного представления.

Такая модель дает возможность использовать различные метрики и мер, которые ранее совместно не рассчитывались. Для решения отдельных задач анализа текста, в частности сравнения текстов используются различные метрики, например:

– Сравнение частоты встречаемости слов в тексте.

– Сравнение число совпадающих по смыслу элементов (от слов до фраз) к общему количеству таких элементов.

– Выделение n-грамм лексических отношений и их сравнение.

– Уникальность использования различных терминов друг с другом, учет расстояния между ними.

– Использование взаимной информации (PMI) для вычисления подобия между парами слов, и латентно-семантического анализа.

– Сравнение между семантическими схемами текстовых пассажей и семантических классов.

– Инвертированная длина пути.

– Метод контекстного окна на данных Google N-Grams.

– Расстояния между ядрами (темами) текста.

– Использование лексико-синтаксические шаблона для извлечения и разметки предложений, содержащих слова, находящихся в гипо-гиперонимеческих отношениях.

Полученные метрики позволят составить вектор признаков для текста, который возможно применять для определения близости текстов. Метрики отличаются не только по характеристикам текстов, которые позволяют учитывать, но и по сложности и скорости их вычисления, поэтому в зависимости от решаемой задачи используемый набор метрик может быть настраиваемым.

Использование совместно различных метрик должно повысить качество определения близости текстов, однако, наличие нескольких метрик и мер ставит задачу по установлению веса влияния той или иной меры. Для решения этой задачи может быть использована нейросеть для расстановки корректных коэффициентов (весов), на основе которой будет формироваться ответ о смысловой близости текстов.

Заключение

Обработка текста на естественном языке зачастую не использует семантико-синтаксический или семантический анализ. Востребованность новых алгоритмов и подходов в этой области подтверждается появлением большого количество моделей, алгоритмов обработки текста и речи, которые направлены на определение смысловой нагрузки текста.

При анализе текста зачастую необходимо знать контекст для разрешения неоднозначности, причем частично неоднозначность можно снять для одной смысловой единицы языка, если возможно проведение следующих этапов анализа с учетом нескольких вариантов данной единицы языка. Часто возможно делать некоторые допущения при устранении неоднозначностей, используя статистику употребления и сочетаемости смысловых единиц языка между собой. Практическая же реализация различных алгоритмов анализа текста показала, что не всегда необходимо полное семантическое представление текста, а возможно поверхностное построение семантической сети.

Исследование определения близости текстов показало, что данная задача схожа с задачами, решаемыми в поисковых системах, системах типа «вопрос-ответ», электронных помощниках, системах перевода и др. История развития поисковых систем показывает возрастающую необходимость определения семантики. При этом, наработки таких систем всегда могут быть применимы для задачи определения семантический близости текстов, т.к. поисковый запрос как правило не превышает одного предложения. Наработки систем типа «вопрос-ответ» в большей степени используют статистические методы, а не семантический анализ текста.

Наработки по решению задачи машинного перевода можно считать перспективными для использования при разработке алгоритмов или моделей определения семантической близости текстов, т.к. в обеих задачах требуется выделение семантики текста.

В статье предложена семантико-синтаксическая модель текста, основанная на совокупности метрик, которые составляют вектор признаков, характеризующих различные аспекты смысловой нагрузки

текста, этот набор метрик может настраиваться в зависимости от решаемой задачи.

Список литературы

1. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]: энциклопедия. – Режим доступа: https://bigenc.ru/linguistics/text/3546954
2. Официальный сайт системы «АОТ» [Электронный ресурс]: описание первичного семантического анализа. – Режим доступа: http://aot.ru/docs/seman.html
3. Батура, Т. В. Семантический анализ и способы представления смысла текста в компьютерной лингвистике / Т. Батура // Программные продукты и системы. – 2016. – №4 (116). – С. 45-57.
4. Путилов, Г. П. Создание автоматических тестов по текстовым пользовательским сообщениям средствами системы Nalaps / Г. П Путилов, А. С. Лебедев // Материалы ежегодной Международной конференции «Диалог 2010».
5. Бермудес, С.Х.Г.,. О методе определения текстовой близости, основанном на семантических классах / С.Х.Г. Бермудес, С.У. Керимова // Инженерный вестник Дона. –2016. –№4 (43).
6. Официальный сайт «eTXT» [Электронный ресурс]: eTXT проверка уникальности. – Режим доступа : https://www.etxt.ru/subscribes/etxt-antiplagiat/
7. Официальный сайт «Advego Plagiatus» [Электронный ресурс]: описание Advego Plagiatus. – Режим доступа: https://advego.com/plagiatus/
8. Чехович, Ю. Плагиат в научных статьях: трудности обнаружения перевода. / Ю. Чехович, Р. Кузнецова, О. Бахтеев // Университетская книга. – 2017. – №2. – С. 66-67.
9. Марьин, Д. В. Филологический метод представления перевода секвенции текстов (На материале сборника переводов рассказов В. М. Шукшина "V. Shukshin. Stories from a siberian vill // Дис. канд. филол. наук: – Кемерово, 2004. –255с.
10. Сулейманов, А. Ш. Семантическая близость и семантические расстояния между текстами / А. Ш. Сулейманов // Системні технології. – 2007. – №10 (30). –С. 132-136.
11. Балакирев, Н.Е. Использование двухуровневого семантического представления в открытой системе автоматизированного анализа текстов / Н. Е. Балакирев, Е. В. Добрышина // И74 сборник материалов XVI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Т. 4. Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации». – 2016. – С. 184-189.

Исследование методов нечеткого сравнения строк и их применение в алгоритме поиска опечаток в тексте

А. А. Потапова, e-mail: kaisdilmah@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет)»

Аннотация. *В работе рассмотрены методы обнаружения опечаток в тексте. Приведен анализ методов сравнения строк. Разработан алгоритм на основе выбранного метода и даны дальнейшие направления по его усовершенствованию с помощью правил на основе статистических данных о частоте появления опечаток в текстах.*

Ключевые слова: *алгоритм, нечеткий поиск, опечатка.*

Введение

Современные компьютеры являются мощными устройствами для работы с текстом, они осуществляют его хранение, передачу и обработку. Согласно статистике каждую минуту происходит создание порядка 16 миллионов текстовых сообщений, больше половины человечества используют электронную почту, отправляя ежедневно 267 миллиардов электронных писем, и число пользователей только увеличивается, так к 2023 году ожидается их рост до 4.3 миллиарда. В среднем 1 человек в день отправляет 36 email-сообщений. При этом почти 60 % электронных посланий содержат опечатки или написаны с ошибками [7].

Автоматическая проверка орфографии – одна из актуальных проблем в области обработки естественного языка, универсального решения для нее до сих пор не представлено, однако на протяжении всей своей истории коррекция орфографии являлась актуальной задачей прикладной лингвистики.

Две основные потребности данной области, которые определяют ее развитие: текст, который подвергли корректуре более удобен для дальнейшей автоматической обработки, например, различными системами по извлечению фактов, оптимизация поисковой выдачи и др. и удобством применения для пользователя (мобильная коррекция орфографии, автоматическая проверка орфографии в текстовых редакторах и др.).

© Потапова А. А., 2021

1. Обзор методов нечеткого сравнения строк

Нечеткое сравнение строк, или просто неточное сравнение – это процесс поиска похожих, но необязательно в точности совпадающих строк. Существуют три основных группы методов сравнения строк: методы, основанные на множестве общих символов, методы на основе редакционного расстояния и методы, использующие *N*-граммное редакционное расстояние.

Метод Жаккара [3] или коэффициент сходства основан на идее того, что чем больше в строках одинаковых символов, тем больше вероятность того, что они похожи. Этот коэффициент вычисляется путем деления количества символов общих для двух строк на общее число символов в обеих строках. Тогда, представив множество символов первой строки как A, а множество символов второй строки как B, выразим меру Жаккара следующей формулой:

$$K_J = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}.$$

Основной недостаток методов на основе множества общих символов состоит в том, что невозможно учесть порядок символов, поэтому в результате вывод одинаков для одинаковых строк и для инверсированных. Метод Джаро-Винклера или расстояние Джаро-Винклера решает эту проблему путем ограничения сравнений окном символов второй строки, которое вычисляется на основе большей длины среди строк.

Вычисление редакционного расстояния – еще один метод определения того, насколько схожи строки, вычисляется количество операций редактирования, которые необходимо проделать, прежде чем строки станут идентичными. Стандартный набор операций состоит из вставки, удаления и замены символов. Простейший вид редакционного расстояния, где каждая операция имеет единичный вес, называется расстоянием Левенштейна [4].

Вычисление минимальной последовательности производится путем n × m сравнений, где n – длина одной строки, а m – длина другой.

На рис. 1 представлена матрица расстояний для строк “поливаю куст” и “полваю кутт”, содержимое ячейки – это минимальное количество операций редактирования для получения из одной строки другой. Минимальное расстояние находится в правом нижнем углу и в данном примере оно равно 2.

		п	о	л	и	в	а	ю		к	у	с	т
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
п	1	0	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10
о	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
л	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
в	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
а	5	4	3	2	2	2	1	2	3	4	5	6	7
ю	6	5	4	3	3	3	2	1	2	3	4	5	6
	7	6	5	4	4	4	3	2	1	2	3	4	5
к	8	6	6	5	5	5	4	3	2	1	2	3	4
у	9	7	7	6	6	6	5	4	3	2	1	2	3
т	10	8	8	7	7	7	6	5	4	3	2	2	3
т	11	8	9	8	8	8	7	6	5	3	3	3	2

Рис. 1. Матрица вычисления редакционного расстояния

Распространенный вариант расстояния Левенштейна – расстояние Дамерау-Левенштейна, в котором дополнительно опускается операция перестановки соседних букв, то есть, вместо реализации через две операции удаления и вставки с итоговым весом 2, назначается вес 1. Алгоритм Вагнера-Фишера позволяет вычислить кратчайшее расстояние Левенштейна. В *N*-граммном редакционном расстоянии использована идея расстояния Левенштейна, только символом является *N*-грамма.

Алгоритм шинглов был разработан для поиска копий и дубликатов рассматриваемого текста в документе. Шинглом называется фрагмент, состоящий из нескольких слов текста, обработанного для анализа. Алгоритм шинглов (*w-shingling*) позволяет обрабатывать входные данные, используя набор шинглов (*N*-грамм, смежных подпоследовательностей токенов в строках). Реализация включает несколько этапов: нормализацию строк, разбиение на шинглы, нахождение контрольных сумм и поиск совпадений последовательностей.

2. Виды ошибок в тексте

В исследовании поисковых запросов Яндекса выделено два наиболее распространенных типа ошибок: 1) опечатки, то есть случаи, когда человек промахивается мимо нужной клавиши или вводит запрос в неправильной раскладке; 2) орфографические ошибки [6]. В таблице 1 представлены наиболее частые ошибки, встречающиеся у пользователей.

Таблица 1

Наиболее распространенные ошибки

Номер	Вид ошибки	Частота (в %)
1	Замена “и” – “е”	27
2	Замена “а” – “о”	25
3	Лишний пробел, слово должно быть написано слитно	9.1
4	Отсутствие пробела, вместо одного слова два	8.5
5	Потеря одной из удвоенных букв	6.6
6	Замена глухой буквы звонкой и наоборот	3.6
7	Гласные после ц	2.7
8	Удвоение одиночной буквы	2.6
9	Потеря “ь”	1.3
10	Лишний “ь”	0.6
11	Замена “ё” – “е”	0.1

Около 74% опечаток поддаются исправлению средствами автоматической коррекции, так как не зависят от контекста предложения, поэтому, благодаря обнаруженным наиболее распространенным видам ошибок, может быть увеличена точность выбранного методов сравнения строк.

3. Предлагаемый алгоритм поиска опечаток

После получения на вход двух строк для сравнения, осуществляется проверка их схожести с помощью алгоритма шинглов, если различий не найдено, то работа алгоритма завершается, иначе начинается следующий шаг и определяется редакционное расстояние.

Проблема нечеткого сравнения полученных данных сводится к проблеме нечеткого сравнения множества строк. Для нечеткого сравнения строк используется метод на основе вычисления значений расстояния Дамерау – Левенштейна. Чтобы определить расстояние Дамерау – Левенштейна, используется алгоритм Вагнера – Фишера.

Если полученное редакционное расстояние строк будет равно 1 или меньше, то можно начать проверку по правилам, приведенным в табл.1 и провести сравнение с данными морфологической библиотеки фреймворка TAWT [8], иначе с большой долей вероятности строки являются различными. На рисунке 2 представлена блок-схема разработанного алгоритма.

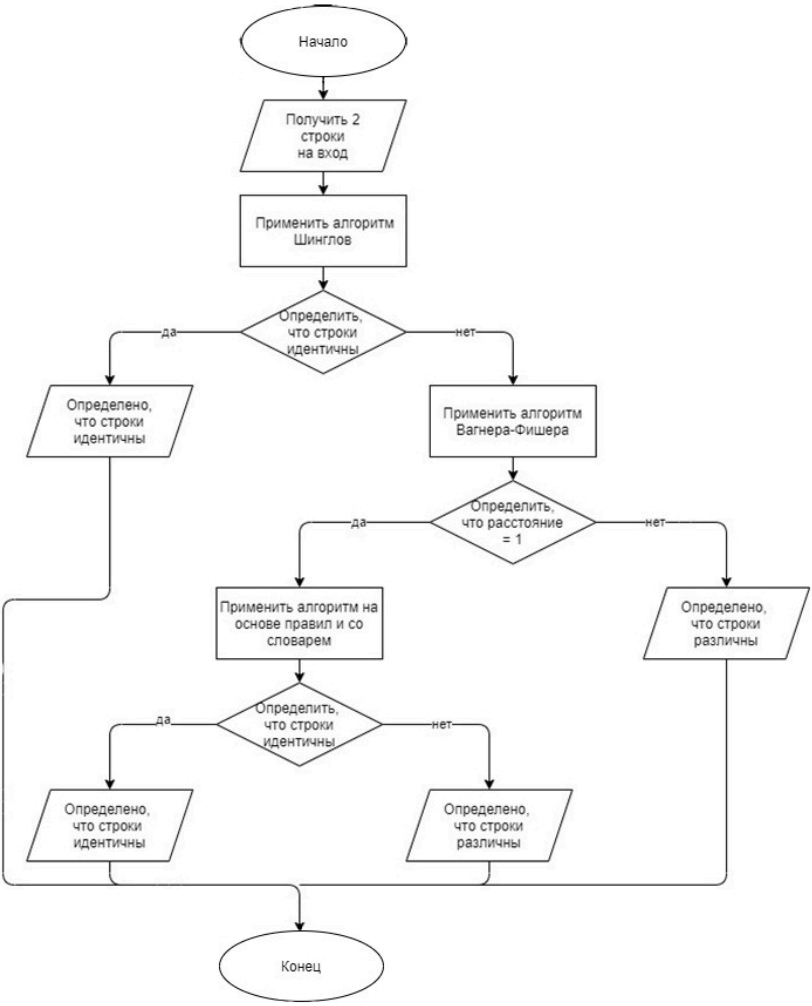


Рис. 2. Блок-схема алгоритма поиска опечаток

Заключение

В статье проанализированы методы нечеткого сравнения строк, а также предложен способ улучшения точности одного из них с помощью выделения правил на основе частоты распространения конкретных ошибок. Предложен алгоритм нечеткого сравнения строк на основе совместного использования методов шинглов, Вагнера-Фишера и проверке по словарям. Реализация алгоритма позволит улучшить качество работы существующих систем автоматизированного анализа текста за счет поиска и исправления опечаток во входных текстах.

Список литературы

1. Мортон, С. Т. Обработка неструктурированных текстов. Поиск, организация и манипулирование. / С. Т. Мортон, Г. С. Игрерсолл, Э.Л. Фэррис// ДМК Пресс, 2015. – 414 с.
2. Прикладная и компьютерная лингвистика. / ред. Митренина О. В., Ландо Т. М. // Ленанд, 2016. – 320 с.
3. String Matching Algorithms and their Applicability in various Applications. / International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-I, Issue-6, January 2012
4. G. Navarro / Faster Approximate String Matching. / R. Baeza-Yates, G. Navarro // Algorithmica (1999) 23: 127–158
5. Paramonov, V.V. Polyphon: An Algorithm for Phonetic String Matching in Russian Language / V.V. Paramonov, A.O. Shigarov, G.M. Ruzhnikov, P.V. Belykh // International Conference on Information and Software Technologies. – 2006. – С. 568-579
6. Исследования Яндекс [Электронный ресурс]: – Электрон. журн. – Режим доступа: yandex.ru/company/researches/2012/ya_orfo [Дата обращения 20.12.2020]
7. B. Marr [Электронный ресурс]: – Электрон. журн. – Режим доступа: https://www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=1438 [Дата обращения 20.12.2020]
8. Фреймворк TAWT [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://textanalysis.ru/jce/details/tawt [Дата обращения 20.12.2020]

Создание аналитического модуля информационной 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 предложены элементы аналитического модуля информационной системы для обучения немецкому языку, использование которых сможет повысить эффективность обучения для пользователя и предоставить статистические данные для администратора.*

Ключевые слова: *веб-приложение, изучение иностранных языков, обучающие системы, аналитический модуль.*

Введение

В настоящее время информационные технологии и Интернет используются во всех сферах человеческой деятельности. Образование не является исключением. Одним из самых популярных направлений обучения в сети Интернет повышение уровня знаний иностранных языков. Для повышения эффективности обучения учащемуся необходима обратная связь. Он должен оперативно узнавать, каких результатов он добился и где допустил ошибки. Это повышает его осведомленность о собственном прогрессе и мотивирует к продолжению развития языковых навыков.

Для того, чтобы обеспечить своевременное информирование пользователя о текущей успеваемости, обучающие системы должны обладать специальными функциями, составляющими так называемый аналитический модуль. Наличие аналитического модуля полезно не только пользователю, но и администратору системы, который после анализа различных параметров обучения пользователей сможет сделать выводы о направлениях совершенствования информационной обучающей системы.

На основании исследования функций существующих систем, обучающих иностранным языкам, сформированы требования к аналитическому модулю информационной системы обучения немецкому языку [1, 2].

© Семенова Т. Б., 2021

1. Обзор техник отслеживания прогресса в обучающих системах

Был проведен анализ наиболее распространенных информационных систем по изучению английского и немецкого языков. В каждой из них так или иначе представлены алгоритмы отслеживания прогресса обучения и отображения различных видов статистических данных. Поскольку все рассмотренные системы эксплуатируются достаточно давно, необходимо обратить особое внимание на похожие функции – они прошли проверку временем, и предварительно их можно считать необходимыми для реализации в аналитическом модуле. Также у обучающих систем есть свои уникальные и интересные особенности. Чаще всего, для статистики и прогресса выделяется отдельная страница веб-сайта или раздел в личном кабинете.

LinguaLeo – система обучения английскому и другим языкам [3] – предлагает пользователям ознакомиться с результатами обучения, достигнутыми за текущий день или за последние 7, 30 и 100 дней. Ежедневно пользователь должен «кормить льва», тренируя слова или изучая иностранные материалы – таким образом он наращивает прогресс в знании языка. Система отображает визуальные графики прогресса по языковым навыкам (чтению, грамматике, аудированию и т.д.) для наглядности. По набранным очкам опыта высчитывается «игровой уровень» пользователя. Также представляется различная статистика по словам, в том числе и расчет приблизительного объема словарного запаса. Помимо этого, система отслеживает количество проведенного времени в системе.

Duolingo – международная обучающая система [4]. В настройках пользователь задает ежедневную цель – накопление определенного количества баллов за день. На основании этого значения система отслеживает количество дней «ударного режима» – сколько дней подряд пользователь занимался, и если режим под угрозой, то ему отправляется напоминание о тренировке. Также пользователь видит график своего прогресса и получает уведомления о своих достижениях в системе.

Система Puzzle English позволяет изучать английский язык [5]. Раздел «Мой прогресс» позволяет следить за своим уровнем и сравнивать свой рейтинг с рейтингом других пользователей системы.

Интересной особенностью обучающей системы Busuu [6] является расчет даты, к которой пользователь сможет выучить один из множества представленных языков, на основании желаемого уровня знаний, продолжительности и количества занятий в неделю. В зависимости от этого значения система отображает график с уровнем знания языка в процентах. Также присутствует статистика по количеству изученных

слов и количеству «активных» дней, в которые пользователь занимался языком.

Система Memrise [7] основана на методе интервальных повторений [8]. Статистика демонстрирует, сколько изученных слов находится в долгосрочной памяти. На основании результатов лексических тренировок система анализирует запоминаемость конкретных слов и дает возможность повторить плохо выученные слова. Дополнительно рассчитывается игровой уровень пользователя и значение «серии» – количества дней занятий подряд.

Babbel – еще одна обучающая иностранным языкам система [9], которая, как и многие другие, анализирует результаты лексических тренировок. Слова, в переводе которых пользователь допустил ошибки, он сможет повторить в следующих тренировках. Также система отслеживает выполнение сразу нескольких ежедневных целей.

2. Элементы аналитического модуля информационной системы обучения немецкому языку

Информационно-аналитическая система обучения немецкому языку – это сложная система, состоящая из различных модулей. Помимо наличия немецко-русского словаря, библиотеки текстовых, видео- и аудиоматериалов на немецком языке и лексических тренировок система должна предоставлять возможность получения аналитических отчетов – данных о процессе обучения конкретного пользователя, которые в дальнейшем могут быть обобщены и использованы для совершенствования алгоритмов веб-приложения. Аналитический модуль должен обладать множеством функций для того, чтобы предоставлять полезную для пользователя и администратора информацию.

Отслеживание количества дней, которые пользователь занимался подряд, позволит ему получить мотивацию не прерывать ежедневное обучение, чтобы не обнулить счетчик. Также это нужно ему, чтобы получать бонусы. Администратору же это поможет при анализе того, через какое количество дней интерес пользователя начинает снижаться – если он начинает заходить в систему реже, проводить в ней меньше времени.

Отображение очков опыта, набранных за определенное количество дней (например, за день, неделю, месяц или год), на странице прогресса позволит обучающемуся испытать удовлетворение от собственных результатов. На основе количества баллов строится шкала по дням – пользователь наглядно видит свой прогресс или регресс. Для администратора – это возможность узнать, сколько в среднем баллов

пользователи готовы зарабатывать в день, и на основе этого возможно корректировать ежедневные цели.

С предыдущим элементом связано и количество времени, проведенное пользователем в системе. Пользователю это покажет, сколько времени он провел за изучением немецкого языка. Администратор же узнаёт, сколько в среднем времени пользователи проводят в системе ежедневно, что вкупе с другой статистической информацией позволит корректировать процесс обучения для того, чтобы пользователь проводил за обучением больше времени. Также можно будет выделить, сколько времени тратится в среднем на получение баллов для достижения ежедневной цели. Это позволит принять решение по предоставлению возможности пользователю выбирать не количество баллов для ежедневной цели, а указать, сколько времени он готов заниматься. Например, выяснится, что для получения 10 баллов пользователям в среднем требуется 20 минут. Соответственно, когда пользователь будет выбирать в настройках, что готов заниматься 20 минут в день, он будет таким образом автоматически настраивать ежедневную цель в 10 баллов.

Дата и время использования системы пригодятся администратору, чтобы определить наиболее активные часы.

Количество слов, добавленных пользователем в словарь, будет демонстрировать ему, сколько слов за все время обучения его заинтересовало. Для сравнения необходимо добавить отображение количества слов, которые пользователь когда-либо использовал для тренировок – то есть, насколько отличается то, что он хотел бы выучить, от того, что он действительно начал учить. Для администратора важно знать, какие конкретно слова пользователь добавил себе и начал изучать – это позволит проанализировать популярность слов и создать на их основе наборы слов с наиболее часто употребляемыми словами.

Необходимо фиксировать, сколько тренировок было пройдено и каких. Для пользователя – это еще один пункт информации о его прогрессе. Администратору это поможет выяснить, какие тренировки на сервисе используются наиболее часто, а какие редко. Это позволит принимать решения по изменению и дополнению состава тренировок.

Каждая тренировка относится к определенному языковому навыку, уровень которого она позволяет повысить. Отображение статистики по навыкам продемонстрирует пользователю, развитием каких навыков он занимается наиболее интенсивно и на какие ему следовало бы потратить больше времени. Администратор сервиса по этим данным сможет понять, какие навыки пользователи более склонны тренировать, используя информационную систему. В дальнейшем возможно будет

предлагать пользователю заняться тренировками по «забытым» навыкам в персональных рекомендациях.

В разделе статистики пользователю доступны данные по количеству изученных им материалов, а также категории, которыми он чаще всего интересовался. Администратор же по общей статистике может понять, материалами какого вида и направленности интересуется аудитория, и наполнять раздел похожими статьями, аудио- и видеофайлами.

После каждой лексической тренировки пользователю необходимо видеть результат, которого он достиг. Это позволит ему понять, в каких словах он совершил ошибки и на что стоит обратить внимание. Администратор на основе информации о результатах тренировок может выделить слова, которые вызывают наибольшие трудности при обучении. В дальнейшем можно будет дополнить эти слова определенными мнемоническими техниками для запоминания.

Обучающая система предполагает наличие игровых уровней, которые пользователь достигает при получении определенного количества баллов. Необходимо демонстрировать, сколько очков требуется для достижения следующего уровня. Дополнительно аналитическая система может прогнозировать, через сколько дней пользователь достигнет следующего уровня на основании данных о том, сколько в среднем баллов в день он набирает – это будет мотивировать его тренироваться дальше, чтобы ускорить переход на новый уровень мастерства.

Выбор конкретной цели, для которой пользователь начинает изучать немецкий язык, позволит собирать статистику и узнать целевую аудиторию. После выбора пользователем цели можно предложить ему выбрать также интенсивность ежедневных занятий (то есть сколько баллов ежедневно ему нужно будет набирать). Все это позволит сделать цель пользователя более реальной и осязаемой, и он будет видеть, к чему должен стремиться.

По мере обучения немецкому языку у студентов наращивается словарный запас. Существуют методики расчета количества выученных слов при помощи тестирования. Аналитический модуль системы может предоставлять возможность расчета словарного запаса, но представляется необходимым сделать это не на начальном уровне обучения, а тогда, когда количество тренированных пользователем слов перейдет определенный порог.

На основании всех перечисленных блоков статистики возможно составлять индивидуальные рекомендации – ежедневные планы для

пользователей, настроенные с учетом их интересов, количества времени, проводимого в системе, и необходимых навыков.

Заключение

Наличие аналитического модуля является необходимым элементом всех современных обучающих систем. Реализация всех алгоритмов в информационной системе обучения немецкому языку позволит пользователю понимать, насколько быстро он движется к своей цели – изучению языка, а администратору это д наиболее полно анализировать процесс обучения в веб-приложении и совершенствовать его.

Список литературы

1. Семенова, Т. Б. Создание информационно-аналитической системы обучения немецкому языку / Т. Б. Семенова // Материалы XX Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии» (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.). – Воронеж, 2020. – С. 167-172
2. Семенова, Т. Б. Концепция веб-системы по изучению немецкого языка / Т. Б. Семенова // XLVI Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения»: сборник тезисов докладов, 2020. – С. 502-503
3. Lingualeo [Электронный ресурс] обучающая система. – Режим доступа: https://lingualeo.com/ru/dashboard [Дата обращения 16.12.2020]
4. Duolingo – Лучший в мире способ изучать иностранный язык [Электронный ресурс] : обучающая система. – Режим доступа: https://www.duolingo.com/learn [Дата обращения 16.12.2020]
5. Puzzle English – Сайт для изучения GB английского языка для взрослых и детей [Электронный ресурс] : обучающая система. – Режим доступа: https://puzzle-english.com/ [Дата обращения 16.12.2020]
6. Busuu – Изучай английский, русский и другие языки бесплатно [Электронный ресурс] : обучающая система. – Режим доступа: https://www.busuu.com/ru [Дата обращения 16.12.2020]
7. Memrise – Learn a language. Meet the world. [Электронный ресурс]: обучающая система. – Режим доступа: https://www.memrise.com/ [Дата обращения 16.12.2020]
8. Балакшин П. В. Метод модификации последовательности интервального повторения, основанный на активности пользователя в сети интернет / П. В. Балакшин, И. Э. Михайлов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19. – № 4. – С. 689-696.
9. Babbel – Language for Life [Электронный ресурс] : обучающая система. – Режим доступа: https://www.babbel.com/ [Дата обращения 16.12.2020]

Автоматизация бинарной классификации текстов английского языка по варианту языка и жанру с применением технологии искусственных нейронных сетей

К. А. Сидоров, А. Д. Коротких, О.В. Донина, email: kirs53@bk.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В рамках данного исследования был построен бинарный классификатор текстов английского языка по варианту и жанру с применением технологии искусственных нейронных сетей. Данные для классификации выгружены из корпусов английского языка Марка Дэвиса: Global Web-based English (GloWbE) и News on the Web (NOW). Моделирование ИНС реализовывалось с помощью открытых библиотек TensorFlow Hub и Keras на языке программирования Python.*

Ключевые слова: *искусственная нейронная сеть, вариант языка, жанр текста, автоматическая классификация.*

Многие исследования в сфере компьютерной лингвистики сегодня дают ученым возможность автоматизации сложных процессов, ранее выполнявшихся вручную и требующих большого количества различных ресурсов.

Актуально в последний годы стало обращение к технологиям, разрабатываемым в сфере искусственного интеллекта. В исследованиях активно применяются искусственные нейронные сети (ИНС), представляющие собой раздел искусственного интеллекта, в котором для обработки сигналов используются явления, аналогичные происходящим в нейронах живых существ. Важнейшие особенности сети состоят в способности параллельной обработки информации всеми звеньями, способности к обучению и обобщению накопленных знаний, а также в возможности ее реализации с применением технологии сверхбольшой степени интеграции [1].

Чаще всего ИНС применяются в рамках компьютерной лингвистики, например, для классификации больших массивов лингвистических данных.

В данном исследовании нами проводилась автоматизация классификации текстов английского языка [2]. Для этой цели были реализованы две модели бинарной классификации для определения: а) варианта английского языка, б) жанра текста на английском языка.

© Сидоров К. А., Коротких А. Д., Донина О. В., 2021

В качестве основы была взята нейронная сеть, классифицирующая отзывы к кинофильмам на положительные и отрицательные (представлена в учебном руководстве от Tensorflow [3]). Это одна из наиболее простых в реализации ИНС, эффективно справляющихся с задачей бинарной классификации.

Обучение (с учителем) и тестирование ИНС происходило: в первом случае, на фрагментах текстов из корпуса NOW, относящиеся к двум вариантам английского языка: британскому и американскому, во втором, к новостному (news) и интернет-дискурсу (web) из корпуса GloWbE. В данной работе для удобства проведения классификации понятия дискурс и жанр были приравнены друг к другу. Новостной дискурс соотносится с обозначенным нами жанром «новости», а интернет-дискурс с жанром «веб».

Все исходные данные получены в рамках проекта кафедры ТиПЛ «Криптоклассы английского языка». Разметка проводилась вручную. Итоговый результат был согласован между 3-мя разметчиками. Общее количество данных составило 528626 примеров. Для повышения качества бинарной классификации в документах была удалена вся метаинформация, не относящаяся к теме исследования.

Разбивка фрагментов текстов по вариантам языка и жанрам представлена в таблицах ниже (табл. 1, 2).

Таблица 1

Разбивка примеров по вариантам языка

Метка	Вариант языка	Количество примеров
1	Английский британский	68 223
0	Английский американский	70 547
ВСЕГО		138 770

Таблица 2

Разбивка примеров по жанрам

Метка	Жанр	Количество примеров
1	Новости	252 463
0	Веб	137 393
ВСЕГО		389 856

Использованная модель классификатора состоит из трех слоев. Для упрощения процесса обработки, во входном слое (TensorFlow Hub) происходит преобразование предложений в их векторное представление посредством Saved Model. Полученные векторы проходят через

скрытый полносвязный слой, состоящий из 16 нейронов. В выходном слое активационной функцией выступает сигмоида, значения которой находятся в пределах от нуля до единицы. В качестве функции потерь используется перекрестная энтропия, в качестве оптимизатора – Adam (Adaptive Moment Estimation).

Распределение исходных данных на выборки для классификации по варианту языка представлено в таблице ниже (табл. 3).

Таблица 7

Распределение данных на выборки. Вариант языка

	Выборка			ВСЕГО
	Обучающая	Валидационная	Тестовая	
Количество примеров, ед.	83 262	27 754	27 754	138 770
Количество примеров, %	60%	20%	20%	100%

Экспериментальным методом были выбраны следующие показатели нейронной сети: 30 эпох, 128 образцов в одном батче. Лучшие результаты тестирования составили: 0.892 (точность) и 0.259 (коэффициент потерь) (рис. 1, 2).

Изменение показателей приводило к переобучению, снижению точности и увеличению коэффициента потерь.

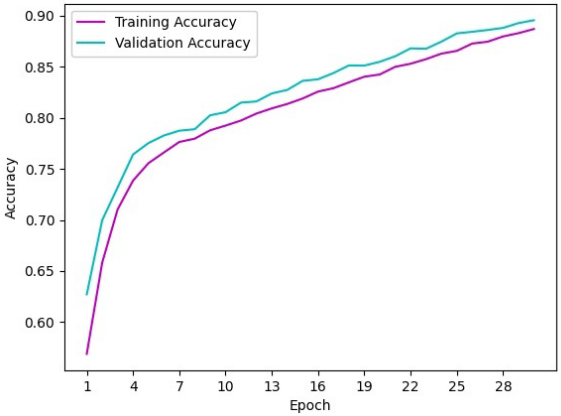


Рис. 1. Зависимость точности от номера эпохи

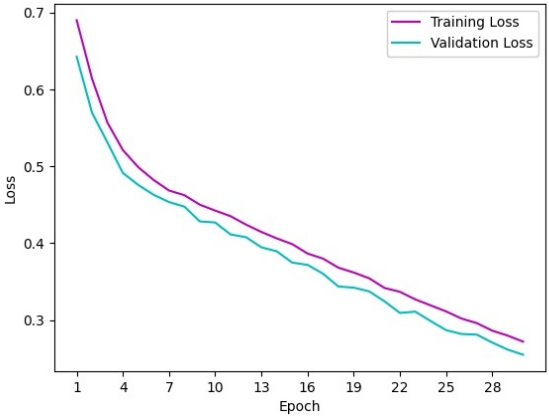
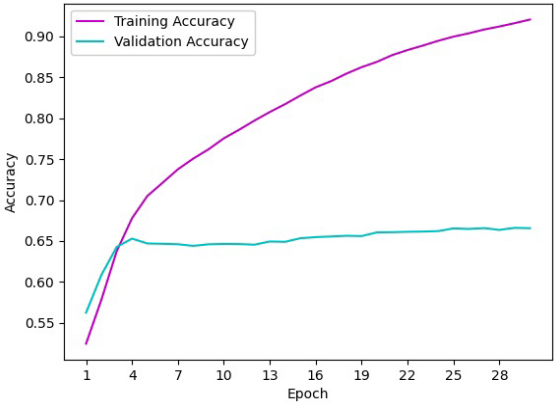


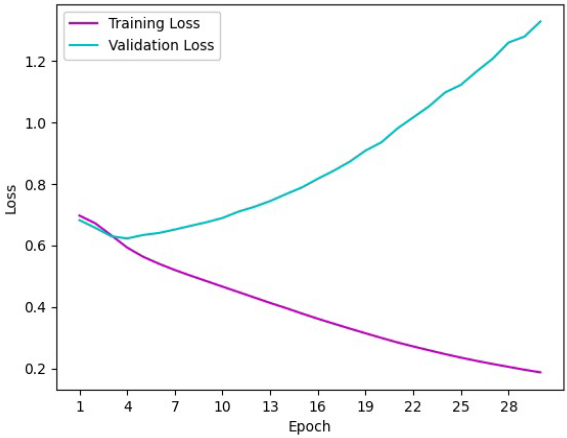
Рис. 2. Зависимость коэффициента потерь от номера эпохи

Для проверки корректности работы построенной модели был проведен эксперимент. На вход нейронной сети поступали 30% неверно и 70% верно размеченных примеров обучающей выборки. Прочие показатели не менялись (табл. 3). В результате коэффициент потерь увеличился и превысил единицу, а точность составила 0.609 (рис. 3, 4). Подобное ухудшение значений свидетельствует о правильной работе модели в условиях эксперимента.



Эксперимент

Рис. 3. Зависимость точности от номера эпохи



Эксперимент

Рис. 4. Зависимость коэффициента потерь от номера эпохи

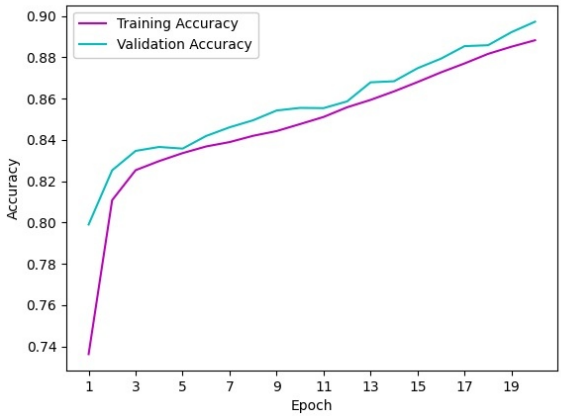
Распределение исходных данных на выборки для классификации по жанру представлено в таблице ниже (табл. 4).

Таблица 8

Распределение данных на выборки. Жанр

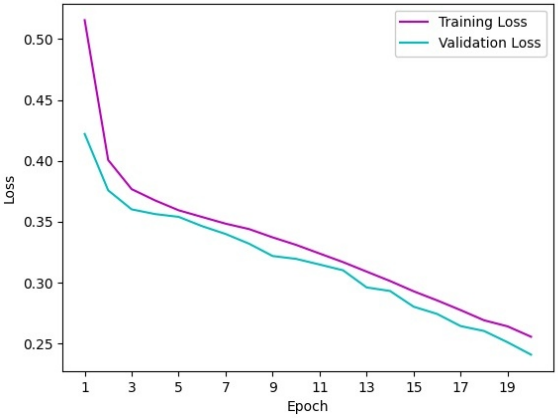
	Выборка			ВСЕГО
	Обучающая	Валидационная	Тестовая	
Количество примеров, ед.	233 913	77 971	77 971	389 856
Количество примеров, %	60%	20%	20%	100%

В данном случае было установлено количество эпох равнялось 20, объем батча составил 256 образцов. Показатели были выбраны экспериментальным путём. Во время тестирования наилучшие значения показателей разнялись 0.892 (точность) и 0.259 (коэффициент потерь) (рис. 5, 6).



Жанр

Рис. 5. Зависимость точности от номера эпохи



Жанр

Рис. 6. Зависимость коэффициента потерь от номера эпохи

Обе реализации модели достигли высоких показателей точности (более 85%) и низкого значения коэффициента потерь (менее 0.3). При сравнении наших результатов с результатами аналогичных исследований, посвященным идентификации варианта языка с

использованием различных функций (мешка слов, N-грамм, векторной и др. моделей представления текста) [4] и жанровой классификации текстов с помощью свёрточных и рекуррентных нейронных сетей [5], где наилучший результат достигал 71,5% и 72,12% соответственно, можно сделать вывод о хорошей производительности представленной искусственной нейронной сети.

Список литературы

1. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И. Д. Рудинского. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 131 с.

2. Саймон Х. Нейронные сети: полный курс. – 2-е изд. – М. : «Вильямс», 2006. –1104 с.

3. Учебное руководство от Tensorflow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tensorflow.org/tutorials/keras/text_classification_with_hub

4. Rangel F., Rosso P., Pothhast M., Stein B. Gender and Language Variety Identification in Twitter. M.: PAN at CLEF, 2017.

5. Батраева И. А. Использование анализа семантической близости слов при решении задачи определения жанровой принадлежности текстов методами глубокого обучения / И. А. Батраева // Вестник Томского государственного университета. – 2020. – №50. – С. 14-22.

Перспективы применения технологии семантического WEB при разработке интернет – порталов торговых площадок

А. Н. Скарина , email: anya.skarina@mail.ru

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

Аннотация. *В данной статье описываются перспективы реализации концепции семантического Web при разработке интернет – порталов торговых площадок с учетом анализа современных поисковых систем и состояния современной сети Интернет, а также проблематика внедрения семантики на этапах создания интернет – порталов.*

Ключевые слова: *Семантический Web, поисковые системы, структурированность данных, представление данных.*

Введение

Стремительное развитие веб – технологий в силу своей популярности и дешевизны порождает быстрый рост объемов информационного наполнения контента. Формат представления информации в сети в большинстве случаев ориентирован на людей и лишь в некоторых случаях допускает автоматическую обработку программными агентами, в результате чего возникает проблема выделения смысла информационных сообщений в автоматизированном режиме – поиск актуальной информации, необходимой пользователю, доставляет большие трудности, так как объемы web-пространства не позволяют оперативно обновлять базы данных информационно-поисковых систем. Поэтому дальнейшее развитие Интернет многие ученые связывают с концепцией семантического web, основной идеей которого является понимание информации компьютерами, выделение ими наиболее подходящих по тем или иным критериям данных и (уже после этого) предоставление информации пользователям [1]. Это означает, что автоматическая обработка информации в рамках семантического web предполагает в себе взаимодействие серверов друг с другом на основе анализа смысловых связей между объектами и понятиями, хранящимися в сети Интернет, которые должны отбирать лишь ту информацию, которая будет реально полезна пользователю.

© Скарина А. Н., 2021

1. Анализ состояния современной сети Интернет и принципы работы современных поисковых систем

По мнению разработчика концепции Тима Бернерса-Ли, семантический web реализует функциональное расширение существующей сети Интернет, в котором информация будет иметь конкретное смысловое значение, дающее возможность людям и компьютерам работать с достаточно высокой степенью взаимопонимания и согласованности [2].

Функциональное расширение предусматривает группировку разнообразной информации в единую систему, в которой каждому смысловому объекту данных будет соответствовать специальный синтаксический блок (тэг), который будет образовывать единую иерархическую структуру, на основе которой должен функционировать семантический web.

Для реализации семантического web разработчикам необходимо учитывать принципы работы современных поисковых систем и состояние современной сети Интернет относительно семантики:

– Во-первых, теги в HTML не несут семантической нагрузки;

– Во-вторых, процент полезной информации меньше процента разметки;

– В-третьих, разметка, в том числе, из-за большой сложности и вложенности (например, проблема табличной верстки) содержит много ошибок [3].

Так как информация в сети Интернет предназначена только для просмотра человеком, можно выделить следующие принципы работы поисковых систем:

– Во-первых, весовые коэффициенты на основе расположения слов;

– Во-вторых, важность слова в зависимости от тега;

– В-третьих, релевантность;

– В-четвертых, анализ "веса" ссылок в зависимости от количества ссылок, указывающих на данную страницу [3].

Таким образом, можно выявить ряд проблем, таких как непонимание, и следствием, невозможность анализа смысла информации машинами, сложность и неудобство поиска информации пользователем, так как результат часто является неудовлетворительным, и последнее, SEO – оптимизаторы, которые "играют" на несовершенстве алгоритмов поисковых систем, умышленно нарушая правильность разметки для кратковременного эффекта высоких позиций контента в поисковых запросах.

Разработчик концепции Тим Бернерс-Ли предполагает, что семантический web позволит решить вышеперечисленные проблемы.

При применении семантического web важной особенностью является то, как информация будет представлена в сети. В данном случае, функциональной системой должны учитываться определенные требования представления информации со следующими свойствами:

– Возможность обладать компактным синтаксисом;
– Возможность работать с большими базами данных;
– Наличие эффективного и мощного механизма вывода;
– Наличие четкой определенной семантики;
– Обладание достаточной описательной возможность [3].

Все это позволяет расширить возможность поиска информации в сети Интернет, ведь он становится не просто средством обработки/отбора документов и оценки связи слов, например, стоящих друг от друга на определенном расстоянии, которым при формировании результатов запроса расставляются веса, влияющие на их порядок при выдаче.

2. Реализация концепции семантического web

В процессе реализации концепции семантического web получили широкое развитие синтаксические методы представления информации языковыми средствами семантических технологий. В настоящее время данные методы представлены слоями:

– Слой XML, который представляет структуру данных. XML обеспечивает синтаксис для структурированных документов, но не налагает на них никаких семантических ограничений на содержание этих документов;

– Слой RDF, который представляет смысловое описание данных;

– Слой Ontology, который служит для представления общепринятых соглашений о смысловом описании структур данных;

– Слой Logic, который позволяет выполнять интеллектуальный вывод;

– Слой Proof, который исполняет функцию поддержки взаимодействия между программными агентами на нужном доверительном уровне, обеспечивая понимание того, каким образом была извлечена необходимая информация.

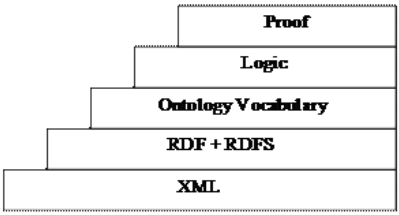


Рисунок. Слои архитектуры семантического web

Семантический web дает пользователям возможность получить качественный результат поиска информации, а владельцам сайтов, соответственно, дает возможность получить больше целевого трафика, благодаря тому, что пользователь действительно находит полезную и нужную для него информацию.

Структурирование данных повышает ценность информации, благодаря постоянной структуре она может быть использована во многих отношениях.

Совокупность из вышеописанных технологий позволяет в структурированном виде представить данные и повысить уровень соответствия запросам пользователей.

При создании интернет-порталов торговых площадок начать работу следует с анализа поискового спроса, который позволит получить ответы на важные вопросы, а именно, как распределить товары по категориям, какие товары популярны, какие свойства товаров интересны пользователям и т.д.

Контент – менеджер заполняет интернет – портал определенным содержанием, и для того, чтобы грамотно разделить каталог на информационные блоки, необходимо использовать при верстке страницы микроформаты, которые позволят представить данные интернет – портала в четко сформированном виде для поисковых машин, что повысит вероятность правильной индексации контента.

При разработке интернет-порталов торговых площадок на основе технологии семантического WEB также не стоит забывать о создании семантического ядра, которое подразумевает под собой описание контента интернет – портала с помощью ключевых слов, которые определяются тематикой сайта – для этого необходимо всего лишь определить необходимую словоформу, изъять из семантического ядра ключевые слова, которые не дают трафика. Поэтому проработка структуры каталога состоит из трех этапов:

– Сбор и кластеризация семантического ядра;

– Определение групп запросов;

– Построение максимально полной, удобной и понятной структуры каталога.

Через семантику мы узнаем о потребностях целевой аудитории и, в дальнейшем, прорабатываем дополнительные разделы при необходимости.

3. Проблематика внедрения семантического web

Несмотря на видимые преимущества использования концепции семантического web, данная технология имеет много недостатков:

– В настоящее время существует огромное количество автоматизированных интернет-порталов, которые не имеют никакой семантики, однако у других программ, таких как агенты, нет никакого способа разыскать в сети подобную программу, выполняющую ту или иную функцию. Этот процесс, называемый обнаружением сервисов, станет возможным лишь после появления единого языка, позволяющего описывать сервисы, чтобы агенты могли «понимать», что позволяет делать данный сервис и каким образом им пользоваться. Так, например, поисковые системы умеют сравнивать как функционалы сайтов, допустим, наличие кнопки «купить» или «избранное», так и цены на представленные товары.

– Существует проблематика многоязычного контента, так как присутствует необходимость поддерживать доступ к информации независимо от того, на каком языке она была представлена первоначально. В основном, данная проблема возникает из-за того, что, во-первых, бренды в каталогах интернет-портала употребляются только на русском или английском языке, во-вторых, есть только один вариант названия услуги, объекта, товара;

– Необходимость описания метаданных приводит к дублированию информации. Создание и публикация содержимого будет занимать в два раза больше времени, так как необходимо будет представлять информацию не только для человека, но и для машин.

Заключение

Семантический web – это многогранная, динамичная и постоянно развивающаяся концепция, которая имеет возможность представлять информацию с сети Интернет в структурированные знания, с которыми смогут работать специальные интеллектуальные агенты и различные сервисы, взаимодействующие между собой и оперирующие понятиями соответствующих предметных областей. Цепочки логических рассуждений, осуществляемые агентами, позволят получать

информацию, представленную в Сети, в разрозненном виде, то есть из разных информационных источников.

Использование семантического ядра является основой дальнейшей оптимизации для интернет-порталов торговых площадок, так как это является преимуществом для логики поисковых запросов и правил работы поисковых систем. Это значит, что сайт будет удобен для потенциальных клиентов, потому что им будет проще найти именно нужный магазин. Семантика значительно упростит задачу дальнейшего продвижения интернет-портала торговой площадки.

Список литературы

1. W3C [Электронный ресурс]: Semantic Web. – Режим доступа: https://www.w3.org/standards/semanticweb/

2. Scientific American [Электронный ресурс]: The semantic Web. – Режим доступа: https://www.scientificamerican.com/article/the-semantic-web/

3. Электронный каталог НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]: Семантический веб и микроформаты. – Режим доступа: https://intuit.ru/studies/courses/611/467/lecture/28810

Кластеризация коротких текстовых сообщений на основе комбинированного вектора атрибутов

А. В. Сычев, email: sav@sc.vsu.ru

Воронежский государственный факультет

Аннотация. *В данной работе представлены предварительные результаты машинного эксперимента по кластеризации новостных текстовых сообщений на основе частот их терминов-атрибутов.*

Ключевые слова: *новостные сообщения, рейтинги, ключевые слова, лемматизация, кластеризация, корреляция.*

Введение

В работе [1] была рассмотрена проблема кластеризации коротких текстовых сообщений и предложен подход к решению данной задачи на основе комбинирования анализа ключевых слов в сообщениях и учета показателей активности целевой аудитории пользователей.

Одной из ключевых проблем при решении задачи кластеризации множества объектов является правильный выбор множества атрибутов, описывающих эти объекты. Предпочтение при выборе атрибутов должно отдаваться набору линейно независимых (ортогональных) признаков объектов. В случае текстовых сообщений в качестве таких атрибутов часто рассматривают слова-термины. Анализ линейной независимости терминов представляет собой нетривиальную задачу, которая требует учета множества лингвистических факторов и контекста использования терминов в текстах.

В данной работе рассматривается практический подход к выбору базиса терминов для выполнения тематической классификации коротких текстовых сообщений. Первым шагом на пути устранения зависимости между терминами является лемматизация извлекаемых из текста словоформ. Дальнейшие шаги по формированию базиса атрибутов в данной работе потребовали проведения исследования характера распределения частоты встречаемости извлеченных лемм в коллекции текстовых сообщений.

1. Общие характеристики коллекции сообщений

Исследование проводилось над набором из 760 текстовых сообщений по различным темам. В коллекции были примерно в равных пропорциях представлены четыре тематики, размеченные экспертами

© Сычев А. В., 2021

вручную. Средний размер сообщения составил 145.6 терминов. Общее количество уникальных терминов в словаре, построенном из лемм, извлеченных их текстов сообщений, составило порядка 12 тысяч единиц, из них для исследования были отобраны 600 терминов, у которых суммарная частота встречаемости во всей коллекции сообщений была не менее 28. Максимальная суммарная частота встречаемости термина из словаря составила 1281.

2. Исследование словаря терминов

Ранговое распределение терминов словаря, построенное на основе суммарной частоты встречаемости терминов в коллекции сообщений, представлено на рис.1 и имеет вид, характерный для распределения Ципфа.

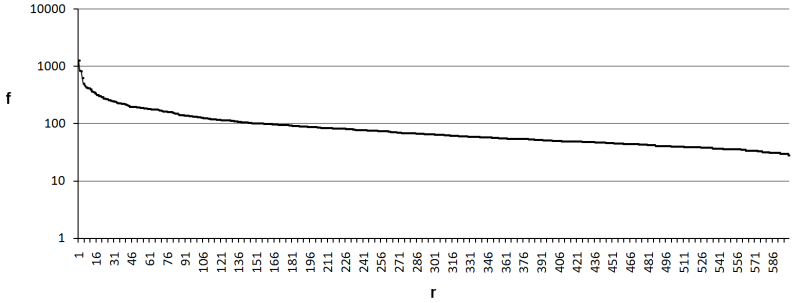


Рис. 1. Ранговое распределение терминов по частоте встречаемости

Для проведения тематической кластеризации текстов сообщений важно, чтобы ключевые термины тематики имели достаточно высокую частоту встречаемости f_m внутри сообщений данной тематики и низкую частоту встречаемости термина f_c в целом по коллекции. Последняя характеристика может оцениваться, например, с помощью коэффициента асимметрии Sk.

На рис. 2 приведена диаграмма рассеивания для пары показателей терминов словаря: f_c и Sk. Минимальное значение Sk для словаря составило 1.14, максимальное – 20.71, среднее – 5.56.

Как видно на данной диаграмме, самые распространенные в текстах коллекции термины имеют очень низкое значение коэффициента асимметрии, который можно использовать в качестве одного из фильтров при отборе терминов словаря в качестве атрибутов сообщений.

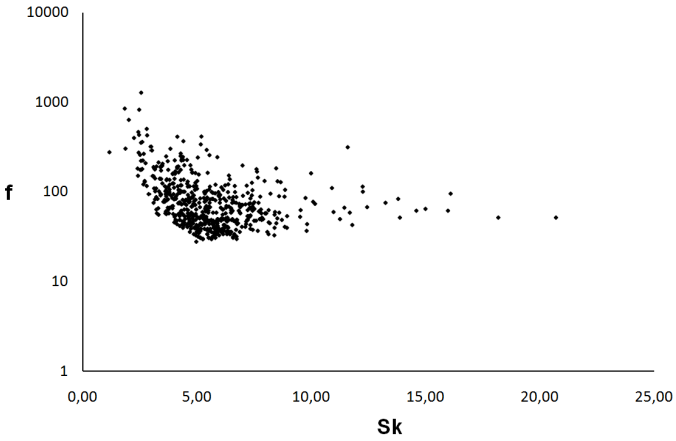


Рис. 2. Диаграмма рассеивания "частота – коэффициент асимметрии".

3. Эксперимент по кластеризации сообщений

Для проведения эксперимента по кластеризации множества сообщений в RapidMiner Studio [2] был подготовлен процесс анализа данных, представленный на рис.3.

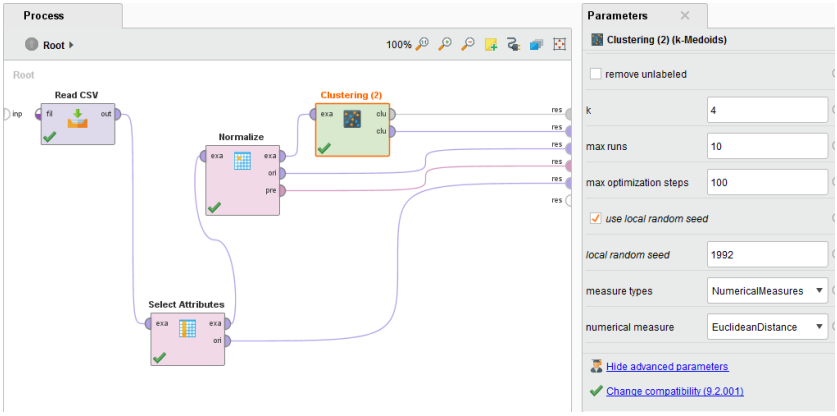


Рис. 3. Структура процесса кластеризации текстовых сообщений в RapidMiner Studio

Кластеризация проводилась на основе алгоритма *KMedoids*, размер коллекции составил 760 текстовых сообщений. Из 600 терминов,

формирующих атрибуты сообщений были отобраны всего 17 терминов (рис. 4), соответствующих 3 тематикам (медицина, происшествия, спорт). Термины были отобраны с учетом величины коэффициента асимметрии терминов, рассчитанном на четырехмерном векторе частот встречаемости терминов в тематических подмножествах коллекции сообщений. В настройках модуля кластеризации целевое количество искомых кластеров было установлено равным 4. Характеристики полученных кластеров приведены в таблице 1.

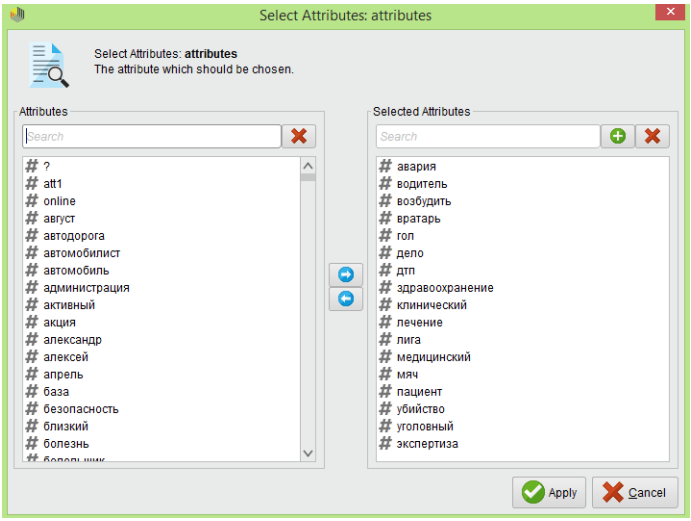


Рис. 4. Термины-атрибуты, выбранные для кластеризации текстовых сообщений

Анализ полученных результатов показал, что выбранное количество терминов из словаря не обеспечивает необходимой полноты получившихся кластеров (значительная часть сообщений по тематике оказалась в остаточном кластере №3), но приводит к относительно высокой точности результатов. Кроме того, сообщения по политической тематике недостаточно хорошо идентифицируются, поскольку ключевые термины, используемые в них, часто используются в сообщениях по другим тематикам.

Для достижения удовлетворительной степени полноты предполагается расширение базиса терминов за счет включения в него дополнительных лемм из словаря, определенным образом соотносящихся с ранее выбранными терминами. Предполагается

рассмотреть скалярное произведение векторов частот терминов, формируемых на основе частот встречаемости лемм во всех текстах сообщений из коллекции, а также корреляцию терминов-атрибутов в таблице сообщение-термины.

Таблица

Оценка результатов кластеризации коллекции текстовых сообщений

№ кластера	Кол-во элементов в кластере	Кол-во элементов в тематическом подмножестве коллекции	Полнота, %	Точность, %
0	25	200	25	100
1	72	208	33	96
2	42	160	24	90
3	621	-	-	-

Заключение

Предложенный в работе практический подход к выбору базиса терминов для выполнения тематической классификации коротких текстовых сообщений прошел практическую аппробацию на основе небольшого множества терминов из словаря, сформированного путем лемматизации текстов сообщений. Выбор терминов-атрибутов основывался на расчете коэффициента асимметрии их частотного распределения по коллекции сообщений. Подход показал удовлетворительную степень точности. Недостаточность полноты сформировавшихся тематических кластеров сообщений потенциально может быть устранена путем расширения базиса за счет отбора дополнительных терминов на основе величины скалярного произведения или коэффициента корреляции между терминами словаря.

Список литературы

1. Сычев, А. В. Тематическая фильтрация новостных сообщений с помощью комбинированного подхода на основе анализа ключевых слов в сообщениях и активности целевой аудитории пользователей / А. В. Сычев // Информатика : проблемы, методы, технологии : материалы 20-й Международной научно-методической конференции, Воронеж, 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж, 2020.— С. 1690-1695.

2. RapidMiner Studio. Comprehensive data science platform with visual workflow design and full automation. [Электронный ресурс] : справочник. – Режим доступа : https://rapidminer.com/products/studio/

Выбор точки зрения при когнитивной визуализации содержания учебных планов

В. А. Углев, email: uglev-v@yandex.ru

Сибирский федеральный университет

Аннотация. *В данной работе показано применение метода унифицированного графического воплощения активности (UGVA) для когнитивной визуализации содержания учебных планов (на примере направления 27.04.03). Продемонстрировано влияние на образ специалиста выбора точки зрения заинтересованной стороны в работе с учебным планом.*

Ключевые слова: *учебный план, системный подход, точка зрения, экспертная оценка, визуализация, Graph Mining, метод Unified Graphic Visualization of Activity.*

Введение

Процесс подготовки специалистов высшей квалификации опирается на комплексно проработанный документ – учебный план специальности. Но, несмотря на методологическую поддержку этого процесса, в каждой стране, каждом регионе и даже в каждом ВУЗе учебные планы одной специальности могут существенно различаться. Возникает вопрос: как сравнить учебные планы и оценить их состав? Если бы все зависело только от федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС, в его многочисленных версиях), то задача сравнения и оценки не имела высокой сложности. Но в реальности это не так. Поэтому попробуем исследовать данный вопрос, опираясь на методы экспертных оценок и когнитивной визуализации. В качестве объекта для иллюстрации основных этапов исследования выберем одну из специальностей магистратуры – 27.04.03 «Системный анализ» [1] в рамках подготовки специалистов для предприятий ракетно-космического комплекса в Сибирском федеральном университете.

В качестве базовой методологии выберем системный подход [2], но применим его в рамках современной инженерной интерпретации [3]. Опираясь на когнитивную визуализацию, входящую в набор методов Data Mining (точнее, Graph Mining), покажем, как изменяя точку зрения на объект исследования может поменяться основа для оценки

© Углев В. А., 2021

содержания учебного плана и, как следствие, акценты в подготовке будущих специалистов.

1. Учебный план как объект в системном подходе

Учебный план (УП), если упрощенно, то это документ, определяющий состав учебных предметов, последовательность их изучения и общий объем отводимого на это времени. Для подготовки кадров высшей квалификации (в ВУЗах), он опирается на ФГОС соответствующей специальности и, в большинстве случаев, на профессиональный стандарт. В этой ситуации возникает конфликт интересов четырех типов заинтересованных сторон: представителя учебного заведения (назовем его условно методистом), педагога-предметника, представителя работодателя и самого учащегося. Каждый из них имеет собственный документ, являющийся приоритетом: ФГОС, учебник, профессиональный стандарт и диплом соответственно. Если разница в подходе к оценке результата обучения первых трех заинтересованных сторон очевидна, то для учащегося все не так просто: ему нужна уверенность в том, что на рынке труда ему удастся быть востребованным по получаемому профилю подготовки. При этом окружающая среда непрерывно меняется, приводя к изменению ФГОСов, учебников и профессиональных стандартов. Процесс изменения влечет к корректировке содержания УП, на основании которой и получает наш учащийся диплом. Как же тогда оценивать текущее содержание УП и сравнивать их? Не секрет, что опытный специалист сумеет так сформировать УП, чтобы он отражал те акценты, которые нужны заинтересованной стороне. Покажем эти возможности, опираясь на системный подход.

Представим УП в качестве системы, успешность которой оценивается относительно ожидания заинтересованных сторон в конечном результате (согласно методологии системной инженерии). Каждая заинтересованная сторона имеет свою точку зрения, относительно которой будет оцениваться качество УП: для методиста это соответствие требованиям ФГОС (особенно перечню компетенций); для преподавателя – соответствие предметной специфике (зачастую, основанной на индивидуальном опыте) читаемых дисциплин (перечень предметных ЗУНов); для представителя работодателя – соответствие «багажа знаний» востребованным штатным единицам на предприятии (профессиональные умения); а для учащегося – широта возможностей для трудоустройства (включая, стремление к самореализации). Но если учащийся не может встать на позицию эксперта, то остальные такую позицию при составлении учебного плана занимать могут (особенно

представители работодателя, если подготовка идет на базовых кафедрах). Проиллюстрируем это на примере.

Пусть имеется учебный план по направлению 27.04.03 «Системный анализ и управление» (магистратура) для специальности «Основы проектирования космических аппаратов» [4], содержание которого частично приведено в табл. 1, где Б обозначает принадлежность дисциплины к базовой части УП, а В – к вариативной.

Таблица 1

Дисциплины УП и их параметры

№	Дисциплина	Часть
1	Деловой иностранный язык	Б
2	Системный анализ и синтез	Б
3	Методология научной деятельности	Б
4	Общие принципы управления космическими аппаратами	Б
5	Введение в проектирование и устройство КС	Б
6	Основы устройства и проектирования аппаратов	В
…	…	…
21	Методы оптимизации и принятия решений	В
22	Наземная эксплуатация и запуск космических аппаратов	В

Введем критерии оценки УП, основанные на конечном результате подготовки специалистов. Для этого выделим ключевые профессиональные умения (ПУ), которыми должен обладать специалист (по мнению соответствующих заинтересованных сторон). Результаты приведены в табл. 1, а цветовая маркировка ячеек будет в дальнейшем использована для указания эквивалентных элементов в таблицах и графических образах.

Для предложенных групп ПУ соберем экспертные мнения, ставящие в соответствие каждой дисциплине из УП коэффициент из диапазона от 0 (не развивает) до 1 (участвует в развитии). В результате получим табл. 1, которая содержит первичные данные для дальнейшего сравнения точек зрения на содержания УП.

Таблица 2

Наиболее значимые группы ключевых умений

Методист	**Учитель**	**Работодатель**
Анализ, синтез и управление	Системный подход	Инженерная отраслевая подготовка
Информационные технологии	Управление системами	Отраслевое проектирование систем
Математическая и научная подготовка	Методы исследований, принятия решений и оптимизации	Системно-инженерный подход
Общеинженерная подготовка	Информационные технологии и моделирование	Управление жизненный циклом отраслевого объекта
Общее проектирование систем	Общеинженерная подготовка	Отраслевые стандарты
Прочее	Прочее	Прочее

Таблица 3

Фрагмент таблицы экспертных оценок вклада дисциплин в УП

№ Дисц.	П У1	П У2	П У3	П У4	П У5	П У6
1. Точка зрения методиста						
1	0	0	0	0	0	1
2	1	0,3	0	0,5	0	0
3	0,25	0	0	1	0	1
4	0	0,25	0	0	1	0
5	0,25	0	0	0	1	0
6	0,5	0	0	0	1	0
…	…	…	…	…	…	…
21	0,35	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	1	0

Окончание таблицы 3

Дисц.	ПУ1	ПУ2	ПУ3	ПУ4	ПУ5	ПУ6
2. Точка зрения учителя						
1	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0,5	0	0	0
3	0,2	0	1	0	0	0
4	0	0,5	0,5	0,3	1	0
5	0	0	0	0	1	0
6	0,5	0	0	0	1	0
…	…	…	…	…	…	…
21	0,2	0	1	0,3	1	0
22	0	0	0	0	1	0
3. Точка зрения отраслевого работодателя						
1	0	0	0	0,3	0	1
2	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0,7
4	0	0	0,3	0,5	1	0
5	0,3	1	1	0,3	1	0
6	0,3	1	1	0,5	1	0
…	…	…	…	…	…	…
21	0,5	0	0	0	0	1
22	0	0	1	0,5	1	0
4. Точка зрения НЕ отраслевого работодателя						
1	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	0
3	0,3	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0,2	0	0	1
…	…	…	…	…	…	…
21	1	0	0	0	0,3	0
22	0	0	0	0	0	1

2. Когнитивная визуализация УП методом UGVA

Опираясь на данные из табл. 1, как на первичные, осуществим обобщение и визуализацию содержания УП. Для этого воспользуемся методом унифицированного графического воплощения активности (Unified Graphic Visualization of Activity), модель которого была

предложена в [5]. Этот метод развивает идеи, предложенные Черновым [6] и Филимоновым [7], но опирается на более содержательный по структуре антропоморфный образ. Для специальности 27.04.03 базовая параметрическая модель и её вариант визуализации была описана в [8] и, дополненная цветовой маркировкой, представлена на рис. 1. Для отражения проектных умений в правой «руке» образа использован дополнительный элемент – циркуль. Умения, относящиеся к области отраслевой специализации регионального рынка труда, вынесены за рамки «тела» и закодированы в размере «шляпы». Так как в качестве объекта рассматривается УП безотносительно учащихся, то блок с «ногами» в дальнейшем будет упускаться, т.к. данные для его формирования в табл. 1 отсутствуют.

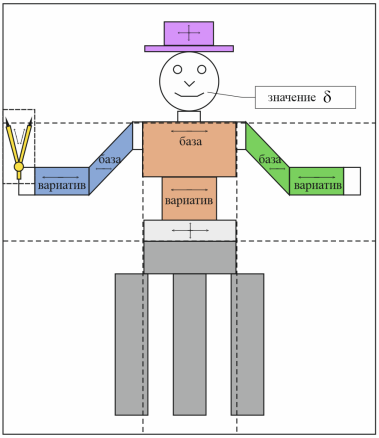


Рис. 1. Базовая модель УП для специальности 27.04.03 по методу UGVA

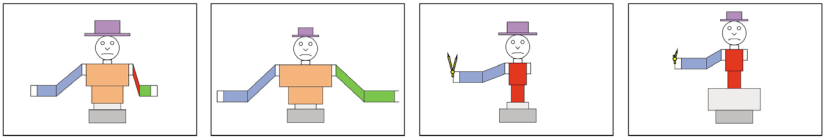
С целью оценки баланса предметного содержания УП для лица, выражающего свою точку зрения, был рассчитан вклад каждого ПУ (их обобщение дано по цветам) и коэффициент отклонения δ («рот» в образе) в соответствии с выбранной методикой (см. табл. 4).

Таблица 4

Оценки ПУ в плане и отклонение от баланса методом UGVA

Точка зрения	**Лев. рука**	**Прав. рука**	**Тело**	**Таз**	**Цирк уль**	**Шляп а**	**Рот**
Методист	18,8	0,4	8,0	9,3	0,0	33,4	11,7
Учитель	22,5	4,7	10,4	4,3	0,0	4,3	16,2
Работодатель от отрасли	17,8	0,0	0,0	6,8	21,5	22,3	14,7
Работодатель вне отрасли	13,3	0,0	0,0	41,2	4,1	5,7	14,4

Покажем образы УП, соответствующие данным из табл. 4, разделив значения на базовую и вариативную компоненты (см. рис. 3.). Красным цветом показаны элементы, которые имели нулевые значения, но были включены в изображение с целью не нарушать компоновку образа. Нижний (тёмно-серый) блок включен в образ с целью показать соотношение масштаба образов.



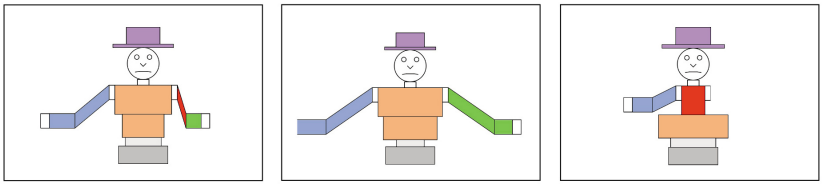
а б в г

а – методиста, б – учителя, в – работодателя от отрасли, г – работодателя вне отрасли

Рис. 2. Образы УП специальности 27.04.03 с различных точек зрения и различных наборов профессиональных умений

Примечательно, что, имея не эквивалентное пространство ПУ, образы получаются существенно различны.

Теперь посмотрим, что будет, если пространство ПУ зафиксировать, но оценки выставлять различными заинтересованными сторонами? В качестве базового набора возьмем ПУ методиста из табл. 1. Опуская таблицу исходных данных с экспертными оценками, покажем на рис. рис. 3. образы УП.



а б в

а – методиста, б – учителя, в – работодателя от отрасли

Рис. 3. Образы УП специальности 27.04.03 с различных точек зрения и едином наборе профессиональных умений (для методиста)

Дальнейшие эксперименты по визуализации показали, что даже если зафиксировать точку зрения, набор ПУ и содержимое учебного плана, но в качестве основы использовать иную версию ФГОСа (например, не 3++ и 3+), то экспертные оценки методиста будут различны. Это, соответственно, приведет к иной версии образа УП.

Заключение

Оценка баланса, сравнение и визуализация содержания учебных планов методом UGVA показали, что точка зрения является одним из ключевых показателей. Это согласуется с положениями системной инженерии [3], в которой акцентируется внимание на необходимость исследования требований заинтересованных сторон и четкое разделение системных интересов от требований стейкхолдеров. При проектировании учебного плана необходимо помнить, что системный интерес выражает ФГОС, и поэтому именно точка зрения методиста должна преобладать при формировании содержания плана. Образ преподаватели и представителя работодателя (отраслевого или абстрактного) апеллируют к субъективной интерпретации состава дисциплин [5]. При этом их интересы также важно иметь в виду.

Метод UGVA, как инструмент когнитивной визуализации в контексте подходов Graph Mining, показал достаточную чувствительность при работе с различными учебными планами и для широкого круга задач [9]. В связи с этим было бы актуально создать решение, позволяющее независимо формировать образы специалистов высшей квалификации от ВУЗа и отраслевых предприятий с целью последующего анализа и корректировки содержания учебных планов.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – магистратура по направлению подготовки 27.04.03 Системный анализ и управление [Электронный ресурс]: документ. – Режим доступа: http://ivo.garant.ru/#/document/74527308

2. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ: учебное пособие / Ф.П. Тарасенко. – М.: Кнорус, 2010. – 224 с.

3. Системная инженерия. Принципы и практика. / А. Косяков [и др.]. – М.: МДК-пресс, 2017. – 624 с.

4. Учебный план магистратуры «Системный анализ и управление» [Электронный ресурс]: документ. – Режим доступа: http://edu.sfu-kras.ru/programs#show

5. Углев, В. А. Метод унифицированного графического воплощения активности (UGVA) / В.А. Углев // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XI Всероссийской конференции с международным участием. – Красноярск: Лиетра-принт, 2019. – С. 161-172.

6. Chernoff, H. The use of faces to represent points in K-dimensional space graphically / H. Chernoff // Journal of the American Statistical Association. – 1973. – V. 68. N 342. – P. 361–368. doi: 10.1080/01621459.1973.10482434.

7. Филимонов, В. А. Применение простого конструктора «4 уровня» для обеспечения научной новизны публикаций / В.А. Филимонов. 2019. – DOI: 10.13140/RG.2.2.24636.90240.

8. Углев, В. А.Оценка баланса нагрузки по учебной программе магистратуры направления «Системный анализ и управление» методом UGVA / В.А. Углев, Д.А. Проценко // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XII Всероссийской конференции с международным участием. – Красноярск: Лиетра-принт, 2020. – С. 227-235.

9. Углев, В. А. Использование методов когнитивной визуализации при работе с образовательным цифровым следом / В.А. Углев // Ректор ВУЗа. – 2020. – №8. – С. 36-42.

Прогнозирование риска смертности после инфаркта миокарда с использованием методов машинного обучения

М. А. Фирюлина, email: mashafiryulina@mail.ru
И. Л. Каширина, email: kash.irina@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье представлены результаты прогнозирования риска смертности после инфаркта миокарда. В ходе исследования использовалось несколько методов машинного обучения: регрессия Кокса, логистическая регрессия, градиентный бустинг Catboost, а также статистический метод Каплана-Мейера для определения наиболее значимых факторов влияния на выживаемость после инфаркта миокарда. По итогам сравнения метрик качества наиболее эффективной является модель градиентного бустинга, однако регрессия Кокса показала лучшую интерпретируемость.*

Ключевые слова: *анализ выживаемости, градиентный бустинг, логистическая регрессия, модель Кокса, метод Каплана-Мейера.*

Введение

Одним из наиболее тяжелых осложнений ишемической болезни сердца является инфаркт миокарда (ИМ). Случаи, связанные с сердечно-сосудистыми заболеваниями, отличаются высоким уровнем смертности. Риск летального исхода остается высоким не только в первые дни после наступления ИМ, но и в более поздние сроки [1]. Адекватная оценка риска смертности способствует своевременному принятию терапевтических методов для улучшения состояния пациента.

Большое количество исследований посвящено оценке прогноза жизни больных, перенесших ИМ, и влияющих на него факторов. Однако итоговые результаты могут отличатся, по причине различий социально-экономических, географических показателей региона [2,3]. Некоторые исследования основаны на использовании шкалы GRACE – Global registry of acute coronary events. В шкале GRACE оценивают клинические показатели пациентов, согласно сумме баллов определяется низкий, средний или высокий риск летального исхода пациентов с ИМ [3,4].

Цель исследования, описанного в данной статье, заключается в построении эффективной модели машинного обучения для прогнозирования риска смертности после ИМ. Для этого было

© Фирюлина М. А., Каширина И. Л., 2021

построено три модели: регрессия Кокса, логистическая регрессия, градиентный бустинг Catboost, и оценена точность каждой модели, для выявления наиболее эффективной. Также проведен анализ по выявлению наиболее значимых клинических факторов, влияющих на оценку риска смертности после инфаркта миокарда.

Анализ проведен на основе данных о зафиксированных случаях инфаркта миокарда по Воронежской области за 2015-2017 года. Выводы сделаны на основе результатов на основе общей статистики за три года. Предобработка данных проводилась с помощью СУБД Oracle 19c в среде разработки SQL Developer. Построение моделей машинного обучения, статистический анализ данных, построение графических материалов проводилось с помощью различных библиотек языка Python на платформе Goole Colab.

1. Материалы и методы

Для анализа использовалась выборка пациентов, поступивших за 2015-2017 года в больницы Воронежской области с диагнозом ИМ. Вся информация с неперсонифицированными данными пациентов была предоставлена областным кардиологическим диспансером ОКБ№1. Также для получения наиболее достоверных результатов исходная выборка была дополнена информаций о зарегистрированных смертельных случаях после выписки пациентов на основе данных по всем смертельным случаям в Воронежской области. Случаи летального исхода через несколько дней после выписки важны для анализа [5]. Всего в исследовании было рассмотрено 11457 случая инфаркта миокарда, из них 2025 (17.7%) случаев с летальным исходом (в течение года) и 9432 (82.3%) – выжившие пациенты.

Анализ проводился по следующим факторам: пол, возрастная группа, артериальная гипертензия (АГ), является ли инфаркт миокарда повторным (ИМ), сахарный диабет (СД), фибрилляция предсердий (ФП), острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), хроническая сердечно-сосудистая недостаточность (ХСН), локализация, тяжесть по KILLIP и проводилась ли пациенту тромболитическая терапия (ТЛТ) и чрескожные коронарные вмешательства (ЧКВ).

Ранее авторами проводилось подобное исследование, в ходе чего были выявлены наиболее значимые факторы для оценки риска смертности с помощью метода Каплана-Мейера [6]. В предыдущем исследовании горизонт прогнозирования смертности после ИМ составлял год, но было обнаружено, что наблюдение динамики свыше 20 дней приводит к растущей неточности результатов, поэтому было решено ограничиться 20 днями.

Для начала был проведен первичный статистический анализ данных с помощью метода Каплана-Мейера. Метод множительных оценок Каплана-Мейера производит оценку функции выживаемости, основываясь на времени выживания для полных и цензурированных данных. В нашем исследовании данные по тем пациентам, которые выписались ранее 20 дней, считаются цензурированными, а которые умерли – полные. Для полных данных – время жизни пациента – это число дней от наступления ИМ до смерти, для цензурированных – это число дней от ИМ до выписки. Для оценки значимости признаков использовался показатель p – уровень значимости предиктора. Чтобы определить имеется ли различие в рассматриваемых группах необходимо воспользоваться критерием Гехана-Вилкоксона. Сравнение выживаемости в группах проводится при уровне значимости критерия p = 0.05. Если p < 0.05, то верна гипотеза о различии выживаемости в группах, если p > 0.05, то верна альтернативная гипотеза – нет существенной разницы в выживаемости больных в группах.

С помощью метода Каплана-Мейера можно отобрать значимые признаки для построения моделей прогнозирования смертности. В данном исследовании сравниваются три модели: регрессия Кокса (традиционный подход), логистическая регрессия и модель градиентного бустинга.

Регрессия Кокса – это метод, который предполагает прогнозирование риска наступления события для рассматриваемого объекта и оценивает влияние независимых переменных на этот риск. При этом риск наступления события является функцией, зависимой от времени, и выявляет вероятность наступления события для объектов, которые находятся в группе риска. Данный метод отличается также возможностью работы с цензурированными данными. Основное преимущество регрессии Кокса для оценки рисков состоит в том, что для моделирования ситуации по данному методу требуется меньшее количество наблюдений, чем для многих других методов. При этом данная модель обладает высокой точностью оценки пропорциональных рисков [8].

Логистическая регрессия – это один из наиболее популярных методов линейной бинарной классификации. Результатом предсказания данного метода является вероятность того, что входной объект принадлежит к определенному классу. Это свойство важно в медицинских приложениях, где наряду с классификацией объекта требуется оценить связанный с этим риск ошибочной классификации.

Градиентный бустинг – это техника машинного обучения, основная идея которой заключается в итеративном процессе последовательного

построения частных моделей, которые используют информацию об ошибках на предыдущем этапе обучения [9]. Данный алгоритм выделяется высокой точностью, в большинстве случаев превосходящей точность остальных методов. В данном исследовании рассматривалась модель градиентного бустинга CatBoost. Это довольно новый метод, который отличается высокой производительностью и точностью, а также способностью обрабатывать категориальные переменные.

Для сравнения различных моделей прогнозирования смертности использовалась метрика AUC_ROC. Величина AUC ROC – площадь под ROC – кривой является компромиссной метрикой, широко применяемой в медицинских исследованиях.

2. Результаты и их обсуждение

На первом этапе был построен график оценочной функции выживания. При анализе выживаемости, как и при других методах статистического анализа, вся информация о выборке содержится в соответствующей ей функции распределения вероятности времен жизни, но используется она в виде функции выживания (survival function). Построение функции Каплана-Мейера производилось с помощью модуля KaplanMeierFitter библиотеки lifelines языка Python. На рис. 1 представлен график функции выживаемости. По рис. 1 видно, что функция резко убывает до 5 дней от момента наступления инфаркта миокарда, затем убывание замедляется. Можно сделать вывод, что данный период является наиболее опасным.

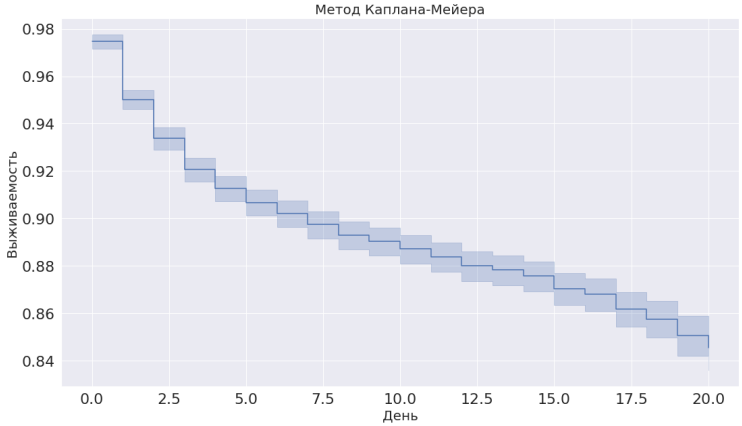


Рис. 1. График функции выживания

С помощью расчетной функции выживаемости Survival_function_ библиотеки KaplanMeierFitter было определено процентное соотношение выживших пациентов в определенный день.

Например в день наступления ИМ доля выживших пациентов в выборке составляет 97.5 %, а на 20-ый день всего – 85 %.

Так как часто анализ выживаемости рассматривается относительно гендерного распределения, на рис. 2 представлен график выживаемости для мужчин и женщин отдельно. На рис. 2 видно, что уровень выживаемости женщин ниже, чем у мужчин.

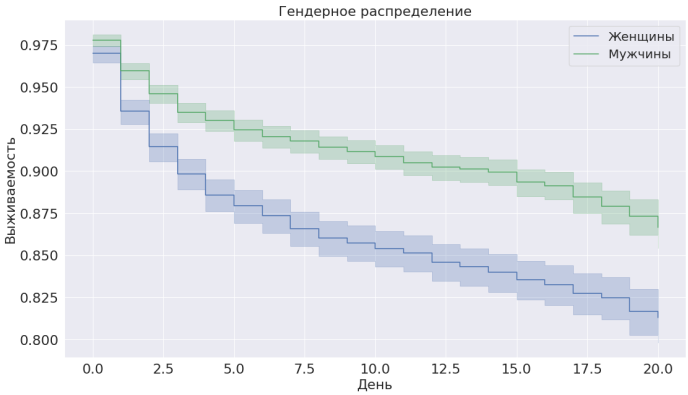


Рис. 2. График функции выживания для мужчин и женщин

Наиболее значимым признаком влияющим на риск смертности от инфаркта миокарда является оценка тяжести пациента по шкале KILLIP.

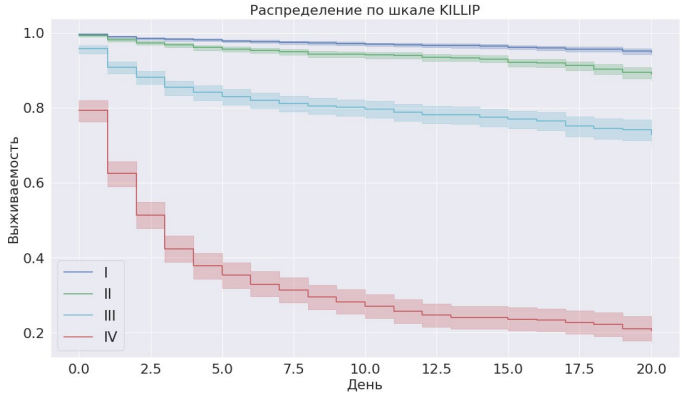


Рис. 3. График функции выживания по показателю KILLIP

Во время госпитальной терапии состояние пациента оценивается по 4-балльной шкале в зависимости от результатов физикального исследования, IV – наиболее тяжелое состояние. На рис. 3 изображен график выживаемости относительно каждого класса тяжести по KILLIP. Ожидаемо, что наибольший риск летального исхода у пациентов с высокой степенью тяжести.

Следующим этапом была построена регрессионная модель Кокса. Построение регрессионной модели Кокса производилось с помощью модуля CoxPHFitter библиотеки lifelines.

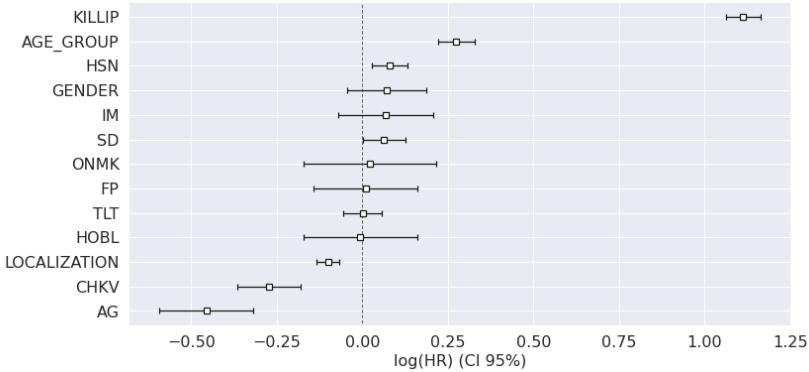


Рис. 4. Результаты модели Кокса

На рис. 4 показаны результаты модели Кокса. Отношения рисков представлены в виде черных прямоугольников, а полосы доверительного интервала – в виде усов. Центральная вертикальная линия указывает на базовый уровень риска 1. По рис 4. можно сделать выводы что отсутствие артериальной гипертензии снижает риск смертности после ИМ почти, а высокий класс тяжести по шкале KILLIP существенно повышает риск. Такие показатели, как хроническая обструктивная болезнь легких и проводилась ли пациенту тромболитическая терапия на результаты на влияют.

Модели машинного обучения, градиентный бустинг и логистическая регрессия, были построены с помощью модулей CatBoostClassifier библиотеки catboost и LogisticRegression библиотеки scikit-learn соответственно. Для оценки полученных моделей логистической регрессии и градиентного бустинга использовались стандартные метрики оценки качества: Accuracy, чувствительность, специфичность и AUC_ROC. При построении моделей исходная выборка разбиралась на тестовое и обучающее множества в

соотношении 20:80. Метрики качества рассчитаны на тестовой выборке. На основе элементов матрицы ошибок классификации для каждого класса были рассчитаны показатели: (TP) – True Positive (число верно предсказанных примеров класса 1), (FN) – False Negative (число ложноотрицательных примеров, неверно предсказанный класс 0), (TN) – True Negative (верно предсказанный класс 0), (FP) – False Positive (число ложноположительных примеров, неверно предсказанный класс 1). Основная метрика задач классификации – Accuracy (доля правильных ответов). Так как исходная выборка не сбалансирована (доля выживших пациентов существенно выше доли умерших), эта метрика недостаточно показательно, поэтому помимо нее были рассмотрены метрики: чувствительность (Sensitivity) – доля истиноположительных примеров от общего числа положительно предсказанных примеров, и специфичность (Specificity) – доля правильно классифицированных объектов негативного класса. В табл. 1 представлены полученные результаты. Прогнозируемая переменная– выживет ли пациент в течение 20 дней (1- умрет, 0 – выживет), в качестве входных параметров использовались исходные клинические показатели.

Таблица 1

Метрики качества моделей машинного обучения

Метрика	**Градиентный бустинг (Catboost)**	**Логистическая регрессия**
Accuracy	0.89	0.86
Специфичность	0.97	0.96
Чувствительность	0.53	0.4
AUC_ROC	0.842	0.804

Для оценки построенных моделей на рис. 5 изображены графики ROC-кривых для моделей градиентный бустинг, логистическая регрессия и регрессия Кокса. По графикам видно, что наилучшую точность показывает модель градиентного бустинга, а хуже всего прогноз дает модель Кокса.

В рамках задач медицинского характера важна не только точность построенной модели, но и интерпретируемость. Врачам недостаточно использовать систему как «черный ящик», важно понять почему модель предсказала определенный результат. Модель Кокса позволяет более детально анализировать влияние нескольких факторов на результат исследования. Поэтому одна из задач исследования состоит в том, чтобы построить модель, которая достаточно сложная, чтобы иметь высокую точность прогнозирования, но в то же время достаточно простая, чтобы

обеспечить медицинскую интерпретацию. Логистическая регрессия и регрессионная модель Кокса, несмотря на чуть более низкую точность, больше подходят для достижения поставленной цели.

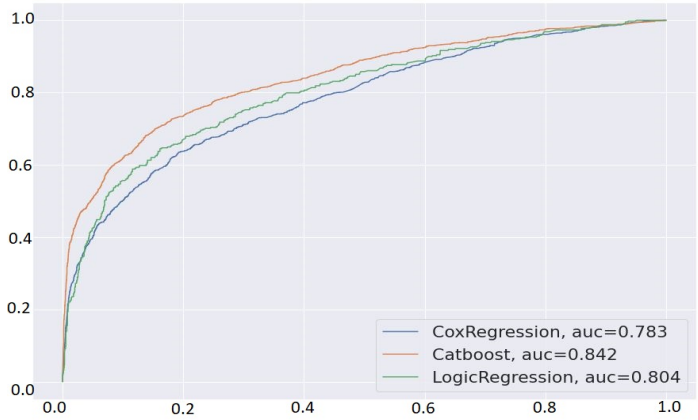


Рис. 5. ROC-кривые для моделей

Таблица 2

Значимость предикторов

метод Каплана-Мейера		**модель Кокса**	
предиктор	*p-value*	*предиктор*	*p-value*
KILLIP	0	KILLIP	0
Локализация	6.29e-26	Возраст	1.12e-23
АГ	7.17e-25	АГ	1.05e-10
ЧКВ	1.58e-29	ЧКВ	8.31e-09
ТЛТ	1.33e-03	ХСН	3.33e-03
градиентный бустинг		**логистическая регрессия**	
предиктор	*fea_imp*	*предиктор*	*p-value*
KILLIP	0.1825	KILLIP	0
Возраст	0.1718	Возраст	0
Локализация	0.1342	СД	0.001
ХСН	0.1185	ХСН	0.001
Пол	0.0643	Локализация	0.001

– Для каждого построенного метода и модели были выделены наиболее значимые признаки. Для метода Каплана-Мейера, модели

Кокса и логистической регрессии отбор признаков производился на основе показателя p-value (чем меньше этот показатель, тем более значим признак). Для градиентного бустинга рассчитана важность предикторов feature importance (в данном случае, чем важнее признак, тем выше показатель). Результаты пяти наиболее значимых факторов приведены в табл. 2.

Заключение

В ходе данного исследования было построено несколько моделей машинного обучения для прогнозирования смертности после инфаркта миокарда. Наиболее критичный период составляет первые пять дней после ИМ. Точнее всего риск смертности прогнозирует модель градиентного бустинга Catboost, относительно модели Кокса и логистической регрессии, однако эти методы позволяют лучше объяснять получаемые прогнозы. Также были проанализированы исходные предикторы на оценку влияния прогнозирования смертности от ИМ. Наиболее значимы показатели KILLIP, возраст и локализация.

Благодарности

Выражаем благодарность РФФИ за поддержку проекта 20-37-90029 Аспиранты (грант 20-37-90029).

Список литературы

1. Фирюлина, М. А. Анализ показателей смертности Воронежской области в сравнении с развитыми странами / М. А. Фирюлина, И. Л. Каширина // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2018. – № 2 (25). – С. 150-153.

2. Pieszko, K. Predicting Long-Term Mortality after Acute Coronary Syndrome Using Machine Learning Techniques and Hematological Markers / K. Pieszko, J. Hiczkiewicz // Disease Markers. – 2019. – 1. – С. 1-10.

3. Bhatt, D. L. Comparative Determinants of 4-Year Cardiovascular Event Rates in Stable Outpatients at Risk of or With Atherothrombosis / D. L. Bhatt, K. A. Eagle, E. M. Ohman // Elsevier – Journal of Vascular Surgery. – 2011. – № 12. – С. 1350-1357.

4. Хоролец, Е. В. Прогноз пациентов с острым инфарктом миокарда на госпитальном этапе лечения / Е. В. Хоролец, С. В. Шлык // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 1. – С. 1-11.

5. Каширина, И. Л. Прогнозирование развития инфаркта миокарда на основании анализа метеорологических факторов и данных областного регистра / И. Л. Каширина, Р. А. Хохлов, А. О. Казакова // Вестник Воронежского государственного университета. – 2016. – № 3. – С. 116-123.

6. Фирюлина, М. А. Анализ значимости предикторов выживаемости после инфаркта миокарда с помощью метода Каплана-Мейера / М. А. Фирюлина, И. Л. Каширина, Е. Я. Гафанович // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – № 7. – С. 7-20.

7. W. Gale, L. Oakden-Rayner, G. Carneiro, A. P. Bradley, and L. J. Palmer, Detecting Hip Fractures with Radiologist-Level Performance Using Deep Neural Networks [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. журн. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/1711.06504

8. Шарашова, Е. Е. Применение регрессии Кокса в здравоохранении с использованием пакета статистических программ SPSS / Е. Е. Шарашова, К. К. Холматова, М. А. // Наука и Здравоохранение. – 2017. – № 6. – С. 5-27

9. Shitikov V.K., Mastitsky S.E. Classification, regression, Data Mining algorithms using R. [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. журн. – Режим доступа : https://github.com/ranalytics/data-mining/

Решение задач нейросетевой классификации в рамках расчета пожарных рисков на производственных объектах

А. О. Чупакова, e-mail:bazarovaann@gmail.com

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

Аннотация. *Рассмотрена возможность применения искусственных нейронных сетей в системах поддержки принятия управленческих решений в области пожарной безопасности. Поставлены задачи нейросетевой классификации, а также, создана тестовая модель искусственной нейронной сети для определения величины значения пожарных рисков на объектах защиты.*

Ключевые слова: *пожарный риск, пожарная безопасность, искусственные нейронные сети.*

Введение

В последнее время наблюдается тенденция сокращения производственных площадей за счет автоматизации технологических процессов, что, в свою очередь, значительно повышает пожарные и производственные риски и увеличивает степень ответственности лица, принимающего управленческие решения.

В настоящий момент существуют методики по расчету пожарных рисков, которые активно внедряются в целях профилактики пожаров и их последствий. К сожалению, расчет риска, в соответствии с методикой, включает в себя довольно большое количество этапов и вычислительных операций. Это приводит к возникновению неопределенности на каждом из этапов, а следовательно, к доле погрешности результата.

Одним из этапов является подбор мероприятий, компенсирующих превышение значения величины пожарного риска. Для комплексной оценки и подбора этих мероприятий необходимо привлечение экспертов и большое количество времени, так как применение любого из мероприятий ведет к перерасчету всего проекта. Это занимает много времени и сил, а также, эксперт физически не в состоянии перебрать всевозможные комбинации существующих мероприятий ввиду их большого количества.

Для решения данной проблемы необходима разработка системы поддержки принятия управленческих решений в области обеспечения

© Чупакова А. О., 2021

пожарной безопасности с мощным вычислительным аппаратом, который позволит устранить возникающую неопределенность и самостоятельно обрабатывать массив существующих мероприятий с последующим составлением оптимального их перечня.

1. Формирование списка задач, нейросетевой классификации объектов защиты по множеству факторов

Для решения задач нейросетевой классификации объектов защиты необходимо четко представлять себе как модель обучения ИНС, так и различные факторы, влияющие на обеспечение пожарной безопасности объекта. Чтобы определить основные факторы, влияющие на величину значения пожарного риска, проведен анализ различных сценариев развития пожара и выявлены основные переменные, из которых состоит расчет.

Согласно [1] оценка последствий воздействия опасных факторов пожара, взрыва на людей для различных сценариев их развития осуществляется на основе сопоставления информации о моделировании динамики опасных факторов пожара на территории объекта и прилегающей к нему территории и информации о критических для жизни и здоровья людей значениях опасных факторов пожара, взрыва.

Для этого используются критерии поражения людей опасными факторами пожара. Из схемы, представленной на рис. 1 следует, на размеры зон влияют не только тип вещества, но и геометрические параметры пролива, температура окружающей среды и температура в самом аппарате, пределы распространения паров или пламени.

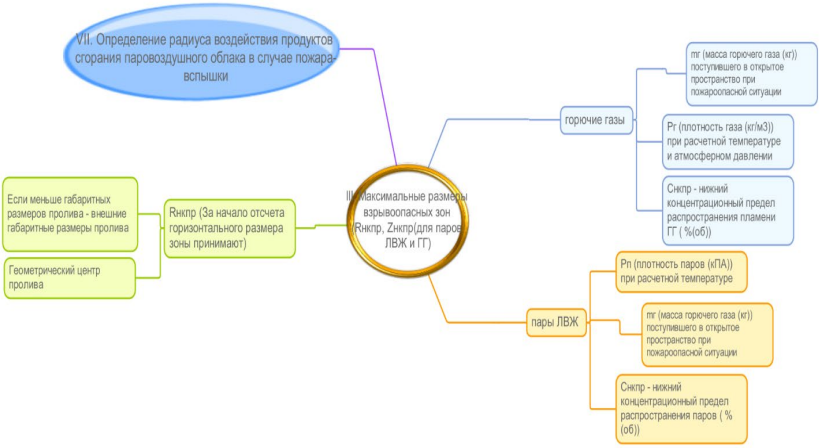


Рис. 1. Параметры, влияющие на размер взрывоопасной зоны

При формировании списка задач необходимо учитывать массу переменных, а также, тот факт, что при сборе данных экспертами могут возникать ошибки различного характера. Для того, чтобы устранить влияние человеческого фактора, необходимо составить список задач, которые необходимо решить при помощи интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

На первом этапе находится задача определения параметров, используемых для нахождения величин значений пожарных рисков. К основным параметрам относятся тип веществ, обращающихся на производстве, температура в аппарате, тип оборудования, наличие автоматических систем пожаротушения и оповещения людей при пожаре, объем технологического оборудования и многое другое.

Второй задачей является выбор метода обучения нейронной сети для решения поставленной задачи. На данный момент существует несколько основных способов обучения нейросетей. Основным отличием является метод обучения. Он может быть «с учителем» и «без учителя». Как правило, методы обучения «без учителя» применяются для классификации объектов и не предполагают тщательной настройки пользователем. Основные методы обучения представлены на рис. 2.

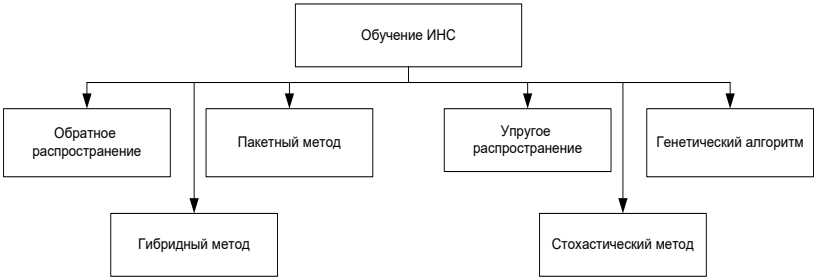


Рис. 2. Основные методы обучения ИНС

В случае с задачами управления, целесообразно использовать обучение методом обратного распространения или же метод наименьших квадратов. Не смотря на свои недостатки (возможность попадания в зону локального минимума) [2] данный способ позволяет контролировать и корректировать процесс обучения до тех пор, пока не будет достигнут желаемый результат.

На рис. 3 представлена диаграмма распространения методов обучения.



Рис. 3. Распространение различных методов обучения ИНС

2. Анализ факторов, влияющих на величину значения пожарного риска

Обучение модели ИНС необходимо начитать с генерации массива исходных данных обучающей выборки. Для того, чтобы обеспечить высокую точность при обучении, необходимо около 1000 объектов с различными характеристиками. Для первоначальной модели принято решение о допустимой погрешности, не превышающей 10%.

В качестве обучающей выборки принято решение использовать 800 объектов. В качестве тестовой выборки – 200 объектов.

При помощи алгоритма генерации исходных данных [3] создан массив объектов с различными технологическими параметрами. На каждом из объектов был посчитан индивидуальный пожарный риск в четырех позициях, на различном удалении от объекта. Разрабатываемая модель, на данном этапе, имеет 7 основных параметров:

- автоматическая установка пожаротушения (АУПТ);
- автоматическая пожарная сигнализация (АПС);
- объем технологического аппарата (резервуара);
- температура окружающей среды;
- высота резервуара;
- радиус резервуара.
- расстояние, на котором находятся человек (работник) от установки.

Фрагмент полученных данных представлен в таблице.

Таблица

Пример базы данных расчета рисков при различных параметрах оборудования

№ п/п	АУПТ	АПС	Объем резервуара, $м^3$	Температура, °С	Высота, м	Радиус, м	Работник, 80 м (риск)	Работник 170 м (риск)	Работник 200 м (риск)	Селитебный объект (риск)
1	0.5	0.8	5000	32	15	10	$5,27*10^{-7}$	$5,27*10^{-7}$	$5,27*10^{-7}$	$1,61*10^{-6}$
2	0	0.8	100	27	6	3	$1,08*10^{-7}$	$3,14*10^{-8}$	$3,14*10^{-8}$	$4,6*10^{-8}$
3	0.5	0	700	38	9	11	$2,63*10^{-6}$	$2,49*10^{-6}$	$1,09*10^{-6}$	$2,86*10^{-8}$
4	0	0	3000	29	12	12	$2,63*10^{-6}$	$2,63*10^{-6}$	$2,63*10^{-6}$	$7,02*10^{-7}$
5	0.95	0	1000	31	11	6	$2,63*10^{-6}$	$2,63*10^{-6}$	$2,19*10^{-6}$	$2,86*10^{-7}$
6	0.6	0.8	10000	38	12	15	$5,27*10^{-7}$	$5,27*10^{-7}$	$5,27*10^{-7}$	$2,33*10^{-6}$
7	0.5	0.8	700	32	9	10	$5,27*10^{-7}$	$4,98*10^{-7}$	$4,98*10^{-7}$	$5,73*10^{-8}$
8	0	0	2000	26	11	8	$2,63*10^{-6}$	$2,63*10^{-6}$	$2,63*10^{-6}$	$6,97*10^{-7}$

Как видно из табл. 1, наибольшее влияние на величину значения пожарного риска влияет наличие автоматической пожарной сигнализации (АПС). в большинстве случаев ее применение снижает риск до нормативных значений. Также, значительную роль играет объем установки (резервуара), и удаленность работников от объекта.

После процедуры масштабирования данных был определен весовой коэффициент каждого из мероприятий. Таким образом определяя вес каждого мероприятия для настройки модели нейросети.

На данном этапе принято использовать упрощенную модель сети, которая была создана при помощи библиотеки PHP-ML.

По окончании настройки весов и проектирования архитектуры ИНС на вход подается созданная матрица входных значений и происходит настройка каждого слоя. Обучение производится при помощи метода наименьших квадратов. После получения выходных результатов происходит корректировка входных значений и слоев. В результате первичного обучения был получен следующий график сходимости значений, представленный на рис. 4

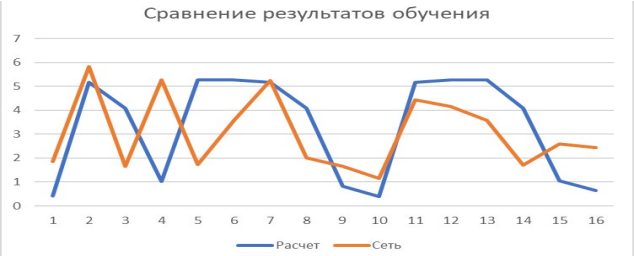


Рис. 4. График сходимости значений пожарных рисков

В первом цикле обучения сходимость результатов оказалась довольно низкой. Процент сходимости результатов составил около 27%. Что означает необходимость добавления дополнительных переменных в массив обучающей выборки и повторения циклов обучения с различными комбинациями переменных и их количеством.

Заключение

Обосновано применение искусственных нейронных сетей при разработке интеллектуальной системы поддержки принятия решений в области управления пожарной безопасностью в целях устранения погрешности при расчете пожарных рисков.

Сформирован список задач нейросетевой классификации объектов защиты по множеству факторов.

Проведен анализ влияния различных факторов на величину пожарного риска. Создана тестовая модель искусственной нейронной сети.

Дальнейшим направлением исследования предполагается выявление новых факторов, влияющих на величину пожарных рисков, настройка и обучение сети для достижения минимальной погрешности.

Список литературы

1. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (зарегистрирован в Минюсте Российской Федерации 17 августа 2009 г. Регистрационный № 14541)

2. Ермаков Б. С., Оптимизация роем частиц в обучении искусственных нейронных сетей//Системный анализ и логистика-2017. – 2017. – С. 3-9.

3. Чупакова А. О., Гудин С. В., Хабибулин Р. Ш. Методика применения нейросетевых технологий для моделирования и проведения численных экспериментов // Труды 12-й Мультиконференции по проблемам управления (МКПУ-2019). – Дивноморское, 2019. – С. 39-41.

Секция 7
Суперкомпьютерные вычисления и BigData. Квантовые информационные системы

О системе непрерывного обучения суперкомпьютерным технологиям в условиях взаимодействия «школа-ВУЗ»

С. В. Борзунов, email: sborzunov@gmail.com
С. Д. Кургалин, email: kurgalin@bk.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены особенности формирования системы непрерывного обучения суперкомпьютерным технологиям в условиях взаимодействия «школа-вуз» на платформе Суперкомпьютерного центра факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета.*

Ключевые слова: *суперкомпьютерное образование, информационные технологии, образовательная среда, суперкомпьютерные технологии, учебный процесс, изучение информатики.*

Введение

Суперкомпьютерное образование является относительно новым направлением в современном мировом образовательном пространстве, вследствие чего оно обладает значительным потенциалом для проведения исследований и осуществления методических разработок. Обучение суперкомпьютерным технологиям (СКТ) является безусловной инновацией как в отечественной практике, так и в мировом образовательном пространстве. Внедрение СКТ в образовательные процессы представляется естественным и необходимым условием соответствия подготовки обучающейся молодежи динамике развития информатики как одной из наиболее передовых и конкурентоспособных научных областей в России. Реализация суперкомпьютерного образования в настоящее время не носит непрерывного характера, систематизированные исследования организационно-методологического обеспечения процесса обучения СКТ на уровне школ и вузов пока не проводились. В связи с этим одной из актуальных задач является создание системы непрерывного обучения суперкомпьютерным технологиям «школа-вуз», что позволяет интегрировать существующие отечественные и зарубежные теоретические и прикладные разработки организационного, методологического, научно-методического и дидактического сопровождения процесса обучения СКТ на различных образовательных ступенях и предложить новые подходы к организации

© Борзунов С. В., Кургалин С. Д., 2021

и обеспечению сквозного обучения сквозь призму парадигмы непрерывного образования Long-Life Learning (LLL).

1. Особенности формирования системы непрерывного обучения суперкомпьютерным технологиям в условиях взаимодействия «школа-вуз» на платформе Суперкомпьютерного центра Воронежского государственного университета

Если рассматривать зарубежную образовательную среду, то систематическая фундаментальная подготовка специалистов в области СКТ и высокопроизводительных вычислений реализуется в ней только на вузовском этапе. Тем не менее, предпринимаются попытки начать обучение суперкомпьютерным технологиям учащихся школ разного уровня. Методическое обеспечение обучения таким технологиям на довузовском этапе образования подробно представлено в работах Т. Мерфи [1–3]. Автор подчеркивает, что необходимым условием организации подготовки обучающихся является реальный доступ к ресурсам многопроцессорных вычислительных систем. Однако лишь часть образовательных организаций имеет возможность обеспечить доступ к суперкомпьютерным центрам (СКЦ). Второй значимой проблемой в процессе внедрения СКТ в образовательный процесс является отсутствие у педагогов специальной подготовки в области высокопроизводительных вычислений, решение которой видится в использовании системы повышения квалификации преподавателей. Технологии параллельного программирования активно популяризуются в Ливерморской национальной лаборатории им. Э. Лоуренса (Lawrence Livermore National Laboratory). Сотрудниками лаборатории разработаны учебно-методические программные комплексы, демонстрирующие методы работы с большими данными и многопроцессорными вычислительными системами, на адаптированном языке показаны способы решения задач трассировки лучей для систем автоматического проектирования, моделирования климата, молекулярной динамики в физико-химических приложениях [4]. Для контингента школьников организован ежегодный суперкомпьютерный конкурс Нью-Мехико (New Mexico Supercomputing Challenge), в котором команды представляют решение актуальной естественно-научной задачи с помощью суперкомпьютерных технологий [5]. В СКЦ Огайо (Ohio Supercomputer Center) для инициативных школьников создан обучающий недельный курс по основам СКТ [6]. В СКЦ Питтсбургского университета разработан подход к преподаванию СКТ на основе игрового метода обучения [7].

Следует отметить, что за рубежом суперкомпьютеры востребованы не только для подготовки студентов в IT-сфере, но и на других, даже

гуманитарных направлениях подготовки. Так, Луизианский университет проводит летние школы для будущих художников, открывая возможности использования вычислительных ресурсов для создания 3D-работ [8].

В целом, анализ зарубежных публикаций свидетельствует о том, что внедрение СКТ в образовательный школьный процесс носит инициативный дискретный характер, системный подход к формированию образовательных маршрутов в области СКТ, учитывающих фактор непрерывности образования в школах и университетах, в настоящий момент не реализован.

Что касается отечественного IT-образования, то можно привести следующие примеры. Авторским коллективом: М. П. Плаксин, Н. И. Иванова, О. Л. Русакова – разработаны методические средства пропедевтики параллельных вычислений в школьном курсе информатики в игровой форме, которые успешно используются в образовательных процессах в школах г. Перми [9]. Развитие творческих способностей детей, варианты проектно-исследовательской деятельности учащихся в ключе суперкомпьютерного образования, методики обучения параллельным алгоритмам в начальной и средней школе достаточно пристально изучаются учеными (В. В. Воеводин [10] и др.), учителями московских школ (Л. Л. Босова [11,12], Е. Ю.Киселева [13] и др.).

Образовательная деятельность средних школ в области СКТ, обучение школьников основам параллельного программирования отвечает потребностям высшей школы в подготовленных абитуриентах с развитыми творческими способностями и высокой степенью познавательной активности, соответствует, в конечном итоге, интересам промышленности и бизнеса для целевого привлечения перспективных молодых специалистов к решению самых сложных проблем, а также аутсорсинга производственных задач в суперкомпьютерные центры вузов. Коррекция информационного наполнения базовых школьных курсов в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и вузовских дисциплин с учетом актуальных тенденций развития науки и технологий является эволюционно обоснованным и необходимым подходом к формированию современного образовательного процесса.

С целью усиления прикладной составляющей процесса обучения целесообразными представляются разработка, апробация и внедрение эффективного механизма взаимодействия школ и вузов с работодателями в сфере применения СКТ. Поэтому необходимо отметить важность последовательного превращения системы обучения «школа-

вуз» в систему «школа-вуз-работодатель». Разработка системы «школа-вуз-работодатель» предполагает создание концептуальной модели системы, адаптированных механизмов организационного и методологического обеспечения введения суперкомпьютерных технологий в образовательные процессы общеобразовательных школ и вузов для повышения уровня подготовки IT-специалистов и укрепления и расширения партнерских взаимоотношений образовательных организаций и работодателей. Концептуальная модель данной системы основывается на объединении образовательных ступеней в контексте профильного обучения информатике и ИКТ с учетом интересов деловой среды. Образовательный маршрут обучению суперкомпьютерным технологиям для студентов вузов разрабатывается с учетом нового уровня подготовленности абитуриентов в области СКТ. Возможности СКЦ Воронежского государственного университета (ВГУ), входящего в состав Суперкомпьютерного консорциума университетов России и имеющего суперкомпьютер производительностью 39 Тфлопс, позволяют реализовать эту модель. Отметим, что подготовка в области суперкомпьютерных технологий и параллельных вычислений проводится в ВГУ с 2002 г., когда в университете на кафедре цифровых технологий факультета компьютерных наук (ФКН) был установлен первый в регионе суперкомпьютер. За период с 2002 г. до настоящего времени накоплен значительный опыт преподавания соответствующих курсов и создания методических разработок для суперкомпьютерного образования [14, 15]. Суперкомпьютерные технологии преподаются на ФКН при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Информационные системы и технологии» и «Математика и компьютерные науки». Для данных направлений обучения разработан специальный образовательный маршрут, начинающийся на первом или втором курсе и доходящий до магистратуры или аспирантуры. На ФКН преподаются потоковые курсы «Параллельное программирование» и факультативный курс «Технологии параллельных вычислений» для уровня бакалавриата направления подготовки «Математика и компьютерные науки»; дисциплина по выбору «Параллельные алгоритмы обработки данных» для уровня бакалавриата направления подготовки «Информационные системы и технологии»; курс «Параллельные и GRID-технологии» и факультатив «Параллельные вычисления на графических процессорах» для уровня магистратуры направления подготовки «Математика и компьютерные науки». Учебные пособия по тематике «Суперкомпьютерные вычисления» и «Параллельное программирование» изданы в ведущих российских и зарубежных издательствах в цикле «Учебная литература для вузов» [16–18].

Методические материалы к практикуму по курсу «Параллельное программирование» (авторы С. Д. Кургалин и С. В. Борзунов) были представлены на Международной конференции-конкурсе «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе ИТ-образования» (Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова) и отмечены дипломом лауреата. Принципиально важной является практическая направленность учебных курсов, полученные знания в области СКТ реализуются при решении реальных актуальных научных задач, в их числе, например, [19–23], при выполнении выпускных квалификационных работ, в процессе подготовки диссертаций [14, 15].

Заключение

Разработка системы непрерывного обучения суперкомпьютерным технологиям в условиях взаимодействия «школа-вуз» (или «школа-вуз-работодатель») на платформе Суперкомпьютерного центра Воронежского государственного университета обеспечивает реализацию компетентностного подхода и знаниевой модели и объединение образовательных ступеней в контексте обучения информатике и ИКТ с возможным учетом интересов реального сектора экономики и деловой среды. Система отвечает потребности перевода на новый более высокий уровень организации образования в IT-сфере и способствует дальнейшим разработкам методического сопровождения процесса обучения суперкомпьютерным технологиям с целью их последующего распространения в российском образовательном пространстве. Прикладная значимость этой системы определяется ростом количества высококлассных специалистов в области информационных технологий, подготовка которых ускорит переход к цифровой экономике, будет способствовать развитию науки, техники, промышленности, транспорта и других важных областей.

Список литературы

1. Lathrop, S. High-performance computing education / S. Lathrop, T. Murphy // IEEE Computing in Science and Engineering. – 2008. – V.10, №5. – P. 9–11. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/4604498/

2. Murphy, T. High-Performance Computing in Community Colleges / T. Murphy // IEEE Distributed Systems Online. – 2006. – V. 7. – P. 3. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/1631961/

3. Murphy, T. High-Performance Computing in High Schools / T. Murphy // IEEE Distributed Systems Online. – 2007. – V. 8, № 8. – P. 2. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/4302635/

4. Johnson, D. L. The National Education Supercomputer Program: A Model for Business and Governmental Involvement in Education / D. L. Johnson // Computers in the Schools: Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research. – 1994. – V. 11(2). – P. 1–4.

5. New Mexico Supercomputing Challenge [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nmtechworks.com/supercomputing-challenge.html

6. Educational Programs in Ohio Supercomputer Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.osc.edu/education

7. Young J. R. Your College Gets a Supercomputer! And Yours, and Yours! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.chronicle.com/article/Your-College-Gets-a/47957

8. Harwood, A. School of Art Students Use Supercomputer to Render Digital Art Projects [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://design.lsu.edu/school-of-art-students-use-supercomputer-to-render-digital-art-projects/

9. Плаксин, М. А. Информатика и ИКТ : учебник для 3 класса / М. А. Плаксин, Н. Г. Иванова, О. Л. Русакова. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 159 с.

10. Voevodin, V. Challenges of a systematic approach to parallel computing and supercomputing education / V. Voevodin, N. Popova, V. Gergel // Lecture notes in computer science. – 2015. – V. 9523. – P. 90–101.

11. Босова, Л. Л. О представлении предметных результатов изучения курса информатики в школе / Л. Л. Босова // Информатика и образование. – 2015. – № 7(266). – С. 46–50.

12. Босова, Л. Л. Цифровые образовательные ресурсы для пропедевтического курса информатики и ИКТ / Л. Л. Босова // Информатика и образование. – 2009. – № 2. – С. 32–46.

13. Киселева, Е. Ю. Реконструкция параллельной модели вычислений на примере задачи суммирования чисел / Е. Ю. Киселева // Информатика в школе. – 2013. – №10(93). – С.13–16.

14. Кургалин, С. Д. Суперкомпьютерные технологии в Воронежском государственном университете / С. Д. Кургалин, С. В. Борзунов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – 2018. – № 3. – С.183–187.

15. Кургалин, С. Д. Using the resources of the Supercomputer Center of Voronezh State University in learning processes and scientific researches / С. Д. Кургалин, С. В. Борзунов // Суперкомпьютерные дни в России : тр. международ. конф. – М. : МГУ, 2018. – С. 972–977.

16. Борзунов, С. В. Практикум по параллельному программированию / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин, А. В. Флегель. – СПб. : БХВ, 2017. – 236 с. – (Учебная литература для вузов). – Режим доступа : https://elibrary.ru/item.asp?id=29977495

17. Борзунов, С. В. Суперкомпьютерные вычисления: практический подход (учебное пособие) / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин СПб. : БХВ, 2019. – 256 с. – (Учебная литература для вузов).

18. Kurgalin, S. D. A Practical Approach to High-Performance Computing. / S. D. Kurgalin, S. V. Borzunov. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – 206 p. – DOI: 10.1007/978-3-030-27558-7.

19. Туровский, Я. А. Моделирование процесса выделения частотных локальных минимумов в сигналах электроэнцефалограмм / Я. А. Туровский, С. Д. Кургалин, А. В. Максимов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 827–833.

20. Туровский, Я. А. Динамика цепочек локальных максимумов спектров электроэнцефалограмм человека / Я. А. Туровский, С. Д. Кургалин, А. Г. Семенов // Биофизика. – 2014. – Т. 59, № 1. – С. 185–190.

21. Туровский, Я. А. Анализ движения глаз человека при управлении самоходным шасси с использованием системы видеоокулографического интерфейса / Я. А. Туровский, С. Д. Кургалин, А. В. Алексеев // Сенсорные системы. – 2017. – Т. 31, № 1. – С. 51–58.

22. Туровский, Я. А. Моделирование нейрокомпьютерного интерфейса на основе активностной парадигмы / Я. А. Туровский, С. Д. Кургалин, А. В. Максимов // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – № 1 (47). – С. 99–103.

23. Туровский, Я. А. Моделирование выделения и анализа цепочек локальных максимумов вейвлет-спектров на примере сигналов с известными свойствами / Я. А. Туровский, С. Д. Кургалин, А. Г. Семенов // Системы управления и информационные технологии. – 2013. – № 2 (52). – С. 24–29.

Квантово-химическое исследование биядерного комплекса меди с метиленовыми мостиками

Н. Н. Бреславская, email: breslav@igic.ras.ru [1]
Е. А. Уголкова, email: tipperiri@yandex.ru [1]
А. В. Просвирина, email: prosvirina.anna2017@yandex.ru [2]
К. В. Боженко, email: kbogenko@mail.ru [2]

[1] Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН
[2] Российский университет дружбы народов

Аннотация. *В приближениях B3LYP/LANL2DZ и B3LYP/TZV рассчитаны соединения Cu(II), в которых два хелатных комплекса с тридентатными бициклическими лигандами соединены n метиленовыми мостиками ($n = 0-2, 4, 8$). Рассчитаны константы обменного взаимодействия J атомов меди для различных n и взаимных ориентаций комплексов. Исследована зависимость J от n и ее связь со спиновой плотностью на атомах меди.*

Ключевые слова: *Квантово-химические расчеты, биядерные комплексы меди, константы обменного взаимодействия, спиновая плотность.*

Введение

В последнее время внимание исследователей привлекают димеры со значительным разделением парамагнитных центров. Часто в комплексах данного типа координационные полиэдры разделены протяженной группировкой атомов, непосредственно не связанных с центральным ионом. Особенно интересны биядерные комплексы, в которых мономерные субъединицы связаны насыщенным алифатическим мостиком. Интерес обусловлен тем, что длину мостика можно варьировать в широких пределах за счет изменения числа звеньев в цепочке. Из-за конформационной подвижности алифатического мостика создаются благоприятные возможности для изучения динамических эффектов [1]. Вероятно, при определенном количестве звеньев мостиков и определенной взаимной ориентации координационных полиэдров можно управлять характером и величиной магнитного обмена между атомами меди. В данной работе выполнены квантово-химические расчеты соединения Cu(II) на основе продуктов конденсации дигидразидов алифатических дикарбоновых кислот с ацетилацетоном, в которых два хелатных комплекса с тридентатными бициклическими

© Бреславская Н. Н., Уголкова Е. А., Просвирина А. В., Боженко К. В., 2021

лигандами соединены между собой полиметиленовыми мостиками $n = 0-2,4,8$, L – пиридин (структурная формула на рисунке).

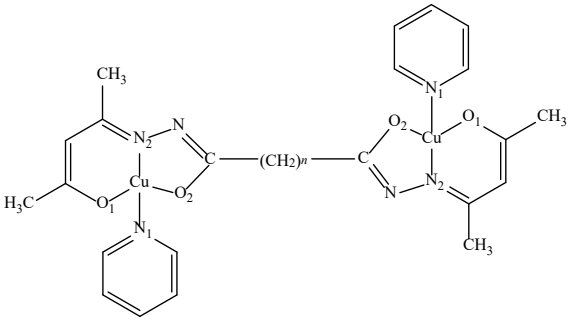


Рисунок. Структурная формула биядерного комплекса меди с метиленовым мостиком

1. Методика расчета

Расчеты электронной структуры с полной оптимизацией геометрии всех систем выполнены в рамках неограниченного метода функционала плотности (DFT) в приближении B3LYP/LanL2DZ. Все расчеты выполнены по программе ORCA [2]. Рассчитанные колебательные частоты характеризуют оптимизированные структуры как энергетические минимумы. Характеристикой, определяющей тип обменного взаимодействия и его величину, является константа обменного взаимодействия (J). Положительные значения константы J соответствуют ферромагнитному обменному взаимодействию, а отрицательные – антиферромагнитному обменному взаимодействию. Для вычисления констант обменного взаимодействия использовался подход нарушенной симметрии (Broken Symmetry, BS) [3], расчеты выполнены в приближении B3LYP/G TZV. Данный метод состоит в расчете полной энергии высокоспинового состояния (high spin, HS), последующей локализации орбиталей и расчете с ними низкоспинового состояния с нарушенной симметрией (BS). Это позволяет точнее рассчитать энергию низкоспинового состояния в рамках стандартного однодетерминантного DFT подхода. В программе ORCA для вычисления констант J используются выражения, полученные из анализа спин-гамильтониана (модель Гейзенберга – Дирака – Ван-Флека) [3–7]:

$$J_1 = -\frac{\left(E_{HS} - E_{BS}\right)}{S_{max}^2}$$

$$J_2 = -\frac{\left(E_{HS} - E_{BS}\right)}{S_{max}\left(S_{max}+1\right)}$$

$$J_3 = -\frac{\left(E_{HS} - E_{BS}\right)}{\left\langle S^2 \right\rangle_{HS} - \left\langle S^2 \right\rangle_{BS}}$$

С их помощью получаются практически одинаковые значения константы J, различающиеся на 1–2 cm^{-1}. Значения константы обменного взаимодействия, полученные по формуле J_3, являются наиболее теоретически обоснованными, поэтому именно их мы принимаем в дальнейших рассуждениях за рассчитанные значения константы J. Ранее этот метод успешно применялся для изучения магнитных свойств меди в комплексных соединениях азометинов N-аминотриазолтионов [8]. Спиновая плотность рассчитана в рамках стандартной процедуры анализа заселенностей орбиталей по Малликену, инкорпорированной в программу ORCA.

2. Результаты расчетов и их обсуждение

На рисунке представлена структурная формула рассчитанного биядерного комплекса Cu(II). Расстояние между атомами меди варьируется от 6.89 Å ($n = 0$) до 13.2 Å ($n = 8$). Геометрия первой координационной сферы атомов меди остается практически неизменной с увеличением длины метиленового мостика.

В табл. 1 приведены рассчитанные значения полной энергии (E_{total}) основного триплетного состояния в приближении B3LYP/LanL2DZ, а также рассчитанные в приближении B3LYP/G TZV значения $E_{HS} - E_{BS}$ и константы обменного взаимодействия J. Для всех структур значения $\left\langle S^2 \right\rangle_{HS} = \left\langle S^2 \right\rangle_{BS} = 1.01$.

Как видно из табл. 1, при взаимном вращении рассмотренных хелатных комплексов увеличивается значение константы обменного взаимодействия. Для четных значений $n = 0, 2, 4, 8$ мономерные субъединицы молекулы находятся в одной плоскости. Для $n = 1$ минимуму полной энергии соответствует взаимный поворот мономерных частей молекулы таким образом, что угол CCC в метиленовом мостике равен порядка 112°. Такой поворот соответствует резкому увеличению по модулю константы обменного взаимодействия, то есть более ярко выраженному антиферромагнитному обмену.

Таблица 1

Рассчитанные значения расстояния между атомами меди R_{Cu-Cu} (Å), полной энергии (E_{total}, а. и.) основного триплетного состояния, значения $E_{HS} - E_{BS}$ и констант обменного взаимодействия J_1, J_2 и J_3 (cm^{-1})

	R_{Cu-Cu}	E_{total}	$E_{HS} - E_{BS}$	J_1	J_2	J_3
$n = 0$	6.893	-1873.402590	0.529	-0.53	-0.26	-0.53
$n = 1$	7.428	-1912.687584	5.887	-5.89	-2.94	-5.88
$n = 2$	8.910	-1951.970939	-0.100	0.10	0.05	0.10
$n = 4$	9.879	-2030.525967	0.059	-0.06	-0.03	-0.06
$n = 8$	13.233	-2187.636048	0.025	0.02	-0.01	-0.02

В табл. 2 и 3 представлены рассчитанные значения спиновой плотности и заряды по Малликену. Нумерация атомов соответствует нумерации в структурной формуле, приведенной выше. Спиновая плотность на атомах меди и атомах первой координационной сферы с увеличением длины метиленового мостика практически не изменяется. Рассчитанные значения зарядов (по Малликену) на атомах меди уменьшаются с ростом n.

Таблица 2

Рассчитанные значения спиновой плотности на атомах меди и атомах первой координационной сферы в приближении B3LYP/G TZV

	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$	$n = 4$	$n = 8$
$Cu_{1,2}$	0.552	0.549	0.549	0.547	0.549
O_1	0.104	0.107	0.108	0.109	0.109
O_2	0.131	0.127	0.125	0.125	0.125
N_1	0.064	0.062	0.062	0.062	0.062
N_2	0.138	0.140	0.140	0.141	0.140

Таблица 3

Рассчитанные значения зарядов на атомах меди и атомах первой координационной сферы (по Малликену) в приближении B3LYP/G TZV

	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$	$n = 4$	$n = 8$
$Cu_{1,2}$	0.631	0.605	0.614	0.606	0.604
O_1	-0.502	-0.507	-0.506	-0.507	-0.506
O_2	-0.493	-0.512	-0.520	-0.524	-0.524
N_1	-0.287	-0.282	-0.283	-0.282	-0.280
N_2	-0.348	-0.357	-0.358	-0.359	-0.361

Заключение

Показано, что для $n = 0, 2, 4, 8$ основному состоянию рассмотренных систем отвечает расположение пиридиновых колец в одной плоскости. Причем для $n = 0, 4, 8$ имеет место слабое антиферромагнитное взаимодействие атомов меди. И только для комплекса с $n = 2$ знак константы обменного взаимодействия становится положительным, что отвечает ферромагнитному обменному взаимодействию этих атомов. Найдено, что для $n = 1$ при повороте комплексов друг относительно друга таким образом, что угол $\angle CCC$ в метиленовом мостике равен порядка 112°, антиферромагнитное обменное взаимодействие становится более ярко выраженным. Высказано предположение, что для нечетных значений n в случае обнаружения комплексов данного типа можно ожидать столь же ярко выраженного обменного взаимодействия атомов меди. Это в свою очередь позволяет надеяться, что, меняя количество метиленовых мостиков, можно управлять обменным взаимодействием в таких комплексах.

Авторы выражают признательность Суперкомпьютерному центру Воронежского государственного университета за предоставленную возможность провести расчеты по теме работы на суперкомпьютере ВГУ.

Список литературы

1. Ларин, Г. М. Обменные взаимодействия в биядерных комплексах меди(II) с ацилдигидразонами предельных дикарбоновых кислот / Г. М. Ларин, В. В. Минин, В. Ф. Шульгин // Успехи химии. – 2008. – № 5 (77). – С. 476-490.

2. Neese, F. ORCA – An ab initio, DFT and semiemperical programpackage / F. Nesse. – 2.6.35 ed. – Bonn : University of Bonn, 2008.

3. Noodleman, L. Valence bond description of antiferromagnetic coupling in transition metal dimers / Louis Noodleman // Chemical Physics. – 1981. – Vol. 74. – P. 5737-5743.

4. Noodleman, L. Ligand Spin Polarization and Antiferromagnetic Coupling in Transition-Metal Dimers / L. Noodleman, E. R. Davidson // Chemical Physics. – 1986. – Vol. 109. – P. 131-143.

5. Bencini, A. X-alpha-SW calculations of the electronic structure and magnetic properties of weakly coupled transition-metal clusters. The [Cu2Cl6]2- dimers / A. Bencini, D. Gatteschi // J. Am. Chem. Soc. – 1986. – Vol. 19. – P. 5763-5771.

6. Yamaguchi, K. Ab-Initio Molecular Orbital Studies of Structure and Reactivity of Transition Metal-OXO Compounds. / K. Yamaguchi,

Y. Taka-hara, T. Fueno // Applied Quantum Chemistry / Ed. by Vedene H. Smith, Henry F. Schaefer, Keiji Morokuma. – Dordrecht : Springer Netherlands, 1986. – P. 155-184.

7. Ab initio computations of effective exchange integrals for H-H, H-He-H and Mn2O2 complex: comparison of broken-symmetry approaches / T. Soda [et al.] // Chem. Phys. Lett. – 2000. – Vol. 319 (3-4). – P. 223–230.

8. Строение и магнетохимические свойства медных комплексных соединений азометинов N-аминотриазолтионов / И. С. Васильченко [и др.] // Координационная химия. – 2010. – № 3 (36). – С. 1-9.

Некоторые особенности факультативной подготовки к конкурсам IT-проектов в контексте суперкомпьютерного образования

А. В. Васильев, email: alexandercsvsu@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены некоторые особенности факультативной подготовки к конкурсам IT-проектов на основании исследования учебных планов различных университетов, конкурсов проектов, СМИ и иных источников.*

Ключевые слова: *педагогика, суперкомпьютерное образование, конкурсы проектов, IT-проекты, поток, оптимальное состояние сознания, психология, философия, геймдизайн, игры, хакатоны.*

Введение

В предыдущем десятилетии, помимо стандартных конкурсов IT-проектов наподобие «УМНИК» [1], где есть предварительное время на подготовку проекта и свободный выбор темы (в рамках направления) без ограничений по регламенту и фиксированное на реализацию (например, 2 года), развивались и конкурсы проектов, где решаемую задачу участники узнают за несколько дней (преимущественно: 1–3) до срока завершения. Конкурсы второго типа зачастую называют хакатонами. Есть отдельный ресурс с датами ближайших [2]. Яркий представитель – «Цифровой прорыв» [3], результаты которого в том числе транслировались и по региональным телеканалам.

Вероятно, если тенденция прошлого десятилетия продолжится, победы студентов в хакатонах станут значимыми показателями престижа места обучения. Вслед за победами в олимпиадном программировании. Сейчас также у некоторых студентов остается внеучебное свободное время, которое они тратят на различную деятельность, среди которой – и самостоятельная подготовка к хакатонам. Для подобных студентов факультатив актуален как средство повышения вероятности достижения цели, которая совпадает и с задачами учебного заведения – максимизация портфолио студента, эффективность которого определяется, с учетом значимости, как количеством побед, так и реализованных проектов. К тому же в рамках факультатива по подготовке к конкурсам проектов возможно и дополне-

© Васильев А. В., 2021

ние компетенций, которые формируются, с учетом корректировки, запросами рынка IT-услуг и общественными нуждами, как в случае с «Цифровым прорывом».

1. Рассмотрение учебных планов

В учебных планах [4–7], которые более адаптированны, чем соседние, под суперкомпьютерное образование, есть соответствующая схожесть: концентрация фундаментальных и прикладных математических дисциплин значительно выше, чем у других направлений тех же факультетов. Хотя подобное оптимально для обусловленной образовательным процессом цели – формирование наилучшей компетенции, – но возникают и издержки, связанные с психофизиологическими особенностями человека. Например, если он сменил область научных интересов на другую, которая в значительно меньшей степени основывается на содержимом учебного плана. В таком случае может оказаться морально тяжелее учиться. В результате чего возникает риск, что он или отчислится, или ухудшит свою компетентность как выпускник, что противоречит целям учебного заведения.

2. Цель факультативной подготовки к конкурсам IT-проектов

П. К. Анохин [8, С. 72–74] обозначил как системообразующий фактор – полезный результат, для получения которого и объединяются компоненты, – потенциальную цель.

Ф. П. Тарасенко [9, С. 9] выделяет различие методик системного анализа, в зависимости от средств формализации. Одни получаются более «мягкими», другие – более «жесткими». Самый «жесткий» вариант – математические модели. Также там рассматривается процесс системного анализа как переход от «мягких» методов к наиболее «жестким». То есть уменьшение произвольности описания в пользу повышения его математичности, по мере возможности.

Поскольку цель факультатива зависит от компонентов (в данном случае – людей) системы, из которых она состоит, возможно и изменение цели в процессе функционирования, во время которого не исключено как изменение состава участников, так и желаемое ими. В словесной записи цель факультатива – максимизация компетентности и портфолио, а также удовлетворение (по мере возможностей) иных желаний участников.

mainResultPattern – числовые показатели компетентности и портфолио участников, потенциального результата без учета желаний участников; *mainResult* – результат (способ его получения не рассматривается в данной статье, он основан на культурных и психофизиологических особенностях человека) функции *unknownFunction*,

которой учитывается влияние иных желаний (и их удовлетворения) участников факультатива. Пример такого желания – завести романтического партнера. Оно может сказаться как негативно, если человек, например, начнет тратить больше времени на сторонние мероприятия и его показатели ухудшатся, так позитивно – если наоборот, решит новыми проектами из своего портфолио попытаться обратить на себя необходимое внимание, в результате чего больше времени потратит на улучшение портфолио и компетентности. Получаем следующую формулу (1).

$$mainResult = unknownFunction\left(mainResultPattern\right). \quad (1)$$

mainResultPattern – результат в плане портфолио и компетентности, принцип формирования которого зависит от значимости компетентности и портфолио участников. Если факультатив открытый и есть возможность принять на него всех желающих, оптимальна сумма показателей всех участников (2).

$$mainResultPattern = \sum_{i}^{n} memberResult\left[i\right], \quad (2)$$

где n (количество участников) и i (индекс) – натуральные числа; $memberResult[i]$ – неотрицательное вещественное число.

При необходимости можно выделить и максимальный, средний, минимальный и минимальный ненулевой показатель эффективности. Они пригодны, например, чтобы корректировать образовательные материалы, дабы повысить значимые показатели. А также – в случае, если количество мест для участников меньше количества желающих. Тогда потребуются и внутренние экзамены для определения уже сформированных компетенций и потенциальных задатков – основа для выбора участников.

$memberResult[i]$ – числовой показатель, определяемый компетентностью и портфолио выпускника, которым считается в данном случае как человек, получивший диплом, так и отчисленный. Если участником становится сотрудник, для него можно выделять временные отрезки (например, 2 года), в конце которых он считается «выпускником». Возможны разные варианты определения искомого числа, в зависимости от значимости компетентности и портфолио. Например, с помощью суммы числового показателя компетентности – $memberComp$ – и числового показателя портфолио – $memberPortfolio$ (3).

$$memberResult\left[i\right] = memberComp\left[i\right] + memberPortfolio\left[i\right], \quad (3)$$

где $memberComp[i]$ и $memberPortfolio[i]$ – вещественные неотрицательные числа.

Подобное оптимально, когда значимость такова, что портфолио дополняет компетенцию или наоборот. Можно выбрать максимальное допустимое значение для обоих показателей с помощью умножения на коэффициенты значимости внутри формирующей их функции (4), (5).

$$memberComp[i] = kC \times memberCompFuncRes[i], \quad (4)$$

где kC – вещественное положительное число; $memberCompFuncRes[i]$ – вещественное неотрицательное число.

$$memberPortfolio[i] = kP \times memberPorfolioFuncRes[i], \quad (5)$$

где kP – вещественное положительное число; $memberPortfolioFuncRes[i]$ – вещественное неотрицательное число.

Исходную версию $memberCompFuncRes[i]$ можно получить на основе оценок с учетом значимости во время выпуска – например, оценка за дипломную работу как наиболее значимая – с коэффициентом 1, максимальным возможным, а остальные оценки – в полуинтервале $(0;1]$ для участвовавшего студента, а для преподавателя – взять за максимальный возможный для удобства (6).

$$memberCompFuncRes[i] = qMark + \sum_{j}^{M} \left(kM[i][j] \times gMark[i][j] \right) \quad (6)$$

где $qMark$ (оценка за диплом) – натуральное число от 3 до 5 включительно; j (индекс) и M (количество различных категорий оценок) – натуральные числа; $kM[j]$ (коэффициент, соответствующий значимости оценок в категории) – вещественное число из полуинтервала $(0;1]$; $gMark[i][j]$ (среднее арифметическое оценок в категории) – вещественное число от 3 до 5.

$$memberCompFuncRes[i] = \sum_{j}^{M} \left(kM[i][j] \times gMark[i][j] \right) \quad (7)$$

В (6) значимость оценки за диплом не меньше средней оценки в категории. В зависимости от подхода учебного заведения, формула может оказаться изменена. Как в (7) оценка за диплом может считаться одной из и учитываться в сумме (не выделяться отдельным показателем). Или, например, если оценка за диплом важнее среднего арифметического остальных оценок, можно сумму с коэффициентами,

один из которых окажется меньше 1, разделить на количество категорий. Если значимость оценки меньше, чем в (6), можно добавить дополнительный коэффициент, внести ее в среднее арифметическое с оценкой за категорию. Или иное. Также коэффициенты $k[j]$ оптимально определять, исходя из значимости категории для формирования необходимых компетенций. Так, например, коэффициент при категории, которая содержит дисциплину «Математическая логика», – максимальный, а при той, что содержит «Физкультуру», – минимальный.

В некоторых случаях (например, если есть подозрения, что заинтересованное лицо подстраивает оценки под нужные показатели) возможно сравнение с показателями студентов и выпускников на олимпиадах по программированию и математике. Или иные меры.

Портфолио состоит из двух частей – реализованных продуктов (как в рамках конкурсов, так и вне их) и достижений в конкурсах проектов. Финал и победа в одном и том же конкурсе считаются достижениями. Но у победы коэффициент значимости больше.

$$memberPorfolioFuncRes[i] = kWi \times Wi[i] + kPi \times Pi[i], \qquad (8)$$

где kWi и kPi — вещественные положительные числа; $Wi[i]$ (числовой показатель количества достижений во всех конкурсах с учетом их значимости) и $Pi[i]$ (числовой показатель количества проектов с учетом их значимости) – вещественные неотрицательные числа.

$$Wi[i] = \sum_{q}^{U} \left(kW[i][q] \times W[i][q] \right), \qquad (9)$$

где $kW[i][q]$ (коэффициент значимости достижений в определенном конкурсе) – вещественное число в полуинтервале $(0,1]$; $W[i][q]$ (количество побед в конкретном конкурсе), q (индекс) и U (количество конкурсов, где есть хотя бы одно достижение) – неотрицательные целые числа.

Коэффициент $kW[i][q]$ равен одному в случае самого престижного конкурса. Остальные коэффициенты получаются по принципу убывания значимости. В качестве возможных параметров для корректировки значимости можно рассмотреть (в случае развития конкурсов проектов) такие показатели, как количество поступающих, средний балл по экзаменам студентов и их победы (с учетом значимости) в олимпиадах по программированию и математике. Но сейчас о подобном вести речь нецелесообразно. Рассмотрим числовой показатель значимости реализованных продуктов (10).

$$Pi[i] = \sum_{x}^{Y} kP[i][x], \quad (10)$$

где $kP[i][x]$ (коэффициент значимости одного конкретного реализованного продукта) – вещественное неотрицательное число; x (индекс) и Y (количество реализованных продуктов) – неотрицательные целые числа.

Возникает проблема с значимостью конкретного продукта, которая связана с выбором максимально возможного значения, поскольку по мере развития факультатива вероятно и улучшение проектов студентов и выпускников. Как вариант – постоянные корректировки показателей.

3. Компоненты факультатива

Факультатив как система содержит четыре различных типа компонентов: кураторы, лекторы, участники, смешанные.

Участники – компоненты, одна из основных целей которых – формирование наилучшего собственного портфолио и компетентности. То есть максимизация $memberResult[i]$.

Лекторы – компоненты, одна из основных целей которых – формирование наилучшего портфолио и компетентности участников. То есть максимизация $mainResultPattern$.

Кураторы – компоненты, одна из основных целей которых – формирование наилучшего итогового результата с помощью влияния на другие компоненты и систему. То есть максимизация $mainResult$.

Смешанные – компоненты, среди основных целей которых содержатся 2 или 3 обозначенные выше (участников; преподавателей; кураторов). Описанные роли напрямую не связаны с университетскими. Так, например, в конкурсах, где нет ограничений по возрасту и иных значимых (как, например, в «Цифровом прорыве»), при желании может участвовать как университетский преподаватель, так и студент. То есть университетский преподаватель (один человек) может в системе «Факультативная подготовка к конкурсам IT-проектов» оказаться одновременно и лектором, и куратором, и участником. То же касается и студента. Допустим, он изучил узкопрофильные знания, необходимые для конкретного хакатона. В таком случае он может и проводить лекции в контексте подготовки. За особые заслуги допустима и роль куратора для студента.

4. Достижение оптимального состояния сознания как инструмент максимизации итогового результата

Одна из возможных причин, почему человек может прийти на факультатив, – у него есть свободное время, которое он хочет потратить и интересно, и с пользой. Причем количество времени, которое человек готов потратить, – ограничено. И здесь преподавателям может потребоваться конкурировать с другими развлечениями. Один из ярких представителей которых – компьютерные игры – массовое явление, которое способно достаточно качественно удовлетворять надбиологические потребности людей.

Компьютерная игра «Ведьмак 3» продалась тиражом свыше 20 млн копий [10], а “Grand Theft Auto V” – свыше 110 млн [11]. Причем люди, которые купили «Ведьмака 3», остались довольны и оценили его на 9.4 балла из 10, критики – на 93 балла из 100 [12]. “Grand Theft Auto V” покупатели оценили на 7.8 баллов из 10, а критики – на 96 баллов из 100 [13]. Для сравнения: «Бёрдмэна», который выиграл «Оскар» в 2015 году («Ведьмак 3» и “Grand Theft Auto V” вышли в тот же период) в номинации «Лучший фильм» [14], потребители оценили ниже, чем «Ведьмака 3», который стал игрой года [15]. То есть некоторые компьютерные игры – коммерчески успешный продукт, за который люди готовы платить деньги (цена ААА игр в актуальном на данный момент поколении консолей – 70 долларов [16]) и которым они оказываются довольны.

Рассмотрим, как описывает формирование того самого развлекательного опыта Джесси Шелл – геймдизайнер и автор книги по своему ремеслу [17, 18]. Он выстраивает процесс формирования подходящего для игрока опыта относительно потока [17, С. 154–168] (оптимального состояния сознания), который так описывается Чиксентмихайи [19, С. 28] (дословная цитата перевода): «Оптимальное состояние сознания – это внутренняя упорядоченность. Такое состояние наступает, когда наша психическая энергия (внимание) направлена на решение конкретной реалистичной задачи и когда наши умения соответствуют требованиям, предъявляемым к нам этой задачей. Процесс достижения цели упорядочивает сознание, поскольку человек вынужден концентрировать свое внимание на выполнении текущей задачи, отсекая все не относящееся к делу. Моменты преодоления сложностей и борьбы с ними порождают переживания, доставляющие человеку наибольшую радость».

Там же [19, С. 53–80] показан пример человека, способного находиться в оптимальном состояния сознания наибольшую часть времени, которую тратит преимущественно на достижение глобальной

цели в жизни (в случае ее отсутствия – на локальные). Но возможны и случаи, когда человек способен тратить (явно) столько своего времени в соответствии с своей целью, что часть остается на другие возможные развлечения. Так (рис. 1) графически изображается [17, С. 160] оптимальный опыт для игрока, который требует соблюдения определенного баланса между сложностью задачи и навыком, дабы не возникло ситуации, когда игра окажется или слишком скучной (под «потоком» в графике), или слишком трудной (над).

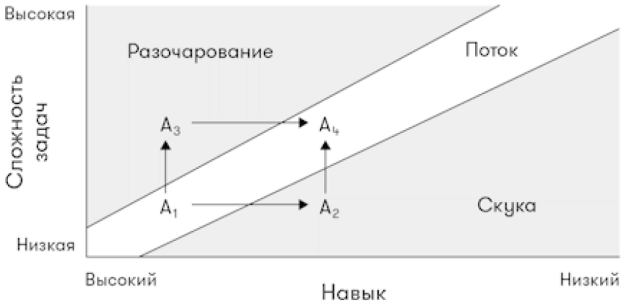


Рис. 1. Оптимальное состояние сознания (поток)

Успешно реализуемое стремление выстроить опыт участников во время факультативной деятельности, вероятно, способно благоприятно повлиять на максимизацию времени, которое участники потратят на развитие компетенций и формирование портфолио, а также развлечь человека и оставить приятные воспоминания. В результате чего высока вероятность улучшения итогового результата как среди текущих участников, так и будущих, количество которых может увеличиться благодаря «сарафанному радио».

Но с изначальным интересом необходимо соблюдать осторожность. Поскольку, если он высок, вероятно, потребуется соответствие ожиданиям человека дальнейшей деятельности в контексте факультатива. Иначе его развлекательный опыт может оказаться настолько испорчен, что человек решит меньше времени тратить на факультативные занятия. Соответственно, есть риск негативного влияния слишком высокого изначального интереса на максимизацию компетентности и портфолио участника, которые зависят от времени, которое он готов потратить.

Джесси Шелл также исследовал, как выстроить оптимальный развлекательный опыт. Так (рис. 2), соответствующий график (для атомарного явления) изображен в книге [17, С.300].

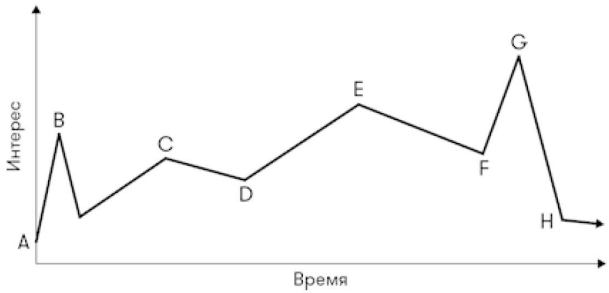


Рис. 2. Кривая интереса атомарного явления

В начале графика именно тот интерес, с которым субъект начинает свое знакомство с объектом. Далее рисунок такого вида: интерес нарастает и убывает. И так вплоть до последнего – самого интересного момента. В конце показан момент, когда субъект заканчивает свое явное знакомство с объектом.

Но образовательная деятельность (как и компьютерные игры) зачастую содержит не одно атомарное явление, а – соткано из разных. Для таких случаев Джесси Шелл выстраивает (рис. 3) фрактальную кривую интереса [17, С.305].



Рис. 3. Кривая интереса неатомарного явления

Она концептуально схожа с предыдущим графиком – здесь атомарные явления выстраивается по обозначенному принципу. Последним в итоге оказывается самое интересное.

5. Некоторые социокультурные аспекты

Во время суперкомпьютерного образования возможна такая ситуация, что, если человек усердно учится, у него нет продуктов, ценность которых поймут люди без специального образования.

А, например, реализованный за 1–3 дня на хакатоне сайт или мобильное приложение и визуально, и в плане функциональности смогут оценить другие люди (без специального образования). В результате чего возможно удовлетворение внешних мотивов человека вместе с внутренними (самоактуализация, достижение, познания) во время деятельности в контексте самого факультатива.

Такая дополнительная мотивация вместе с улучшением опыта участников для достижения оптимального состояния сознания также повысит вероятность, что студенты с проблемами в жизни, с психикой или и тем, и другим сразу, которые нередко предпочитают потратить свое время на компьютерные игры, способные оказывать в том числе и терапевтический эффект [20], смогут вернуться в колею нормальной жизни и успешно закончить образовательный процесс.

Также во время факультатива в перспективе как задания можно давать и задачи, решение которых требуется самому образовательному учреждению, а также людям, которые к нему обращаются. Как в контексте благотворительности, так и на коммерческой основе.

Заключение

В данной статье исследованы некоторые характеристики факультативной подготовки к конкурсам IT-проектов на основе как «жестких» подходов, так и «мягких». Также рассмотрена и описана в предварительном виде цель, пригодная для выстраивания образовательного процесса, а также потенциальные методы ее достижения.

Список источников

1. Фонд содействия инновациям [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://umnik.fasie.ru/voronezh

2. ХАКАТОНЫ.РФ [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: http://www.хакатоны.рф/

3. Цифровой прорыв [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://leadersofdigital.ru/

4. Электронный университет ВГУ. Документы, сопровождающие учебную деятельность [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://edu.vsu.ru/mod/data/view.php?d=341&mode=list&perpage=10&search=&sort=0&order=ASC&advanced=0&filter=1&advanced=1&f_1401=%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85+%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA&f_1403=%D0%91%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B0

%D0%B2%D1%80%D0%B8%D0%B0%D1%82&f_1404=&f_1399=&f_1405=&f_1407=&f_1406=&f_1411=&u_fn=&u_ln=

5. ВМК МГУ. Образовательные стандарты и учебные планы [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://cs.msu.ru/studies/curricula#hide2

6. Санкт-Петербургский государственный университет. Образование [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://spbu.ru/sveden/education

7. МФТИ. Учебные планы [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://mipt.ru/education/study_plan/

8. Анохин, П. К. Философские аспекты теории функциональной системы : избранные труды / П. К. Анохин. – М. : Наука, 1978 . – 400 с.

9. Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ : учебное пособие / Ф. П. Тарасенко. – М. : КНОРУС, 2010. – 224 с.

10. gamesindustry.biz. The Witcher 3 has passed 20m lifetime sales [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://www.gamesindustry.biz/articles/2019-06-13-the-witcher-3-has-passed-20m-lifetime-sale

11. Forbes. Putting Grand Theft Auto V's 110 Million Copies Sold Into Context [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://www.forbes.com/sites/erikkain/2019/05/14/putting-grand-theft-auto-vs-110-million-copies-sold-into-context/#7185dde02cac

12. Metacritic. Witcher 3 [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://www.metacritic.com/game/pc/the-witcher-3-wild-hunt

13. Metacritic. Grand Thert Auto [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://www.metacritic.com/game/pc/grand-theft-auto-v

14. Usatoday. 'Birdman' wins four Oscars, including best picture [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://www.usatoday.com/story/life/movies/2015/02/22/oscars-academy-awards-news/23809005/

15. Forbes. From Hideo Kojima To The Witcher 3, The Game Awards Have Become Relevant [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://www.forbes.com/sites/insertcoin/2015/12/04/from-hideo-kojima-to-the-witcher-3-the-game-awards-have-become-relevant/?sh=62db056b62ec

16. Считаем деньги – II. О ценах на консоли и игры нового поколения. [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. –

Режим доступа: https://www.ixbt.com/live/games/schitaem-dengi-ii-o-cenah-na-konsoli-i-igry-novogo-pokoleniya.html

17. Шелл, Д. Геймдизайн / Д. Шелл. – Альпина Диджитал, 2019. – 551 с.

18. WikipediA. Jesse Schell [Электронный ресурс]. – Дата обращения: 14.01.2021. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Jesse_Schell

19. Чиксентмихайи, М. Поток: Психология оптимального переживания / М. Чиксентмихайи ; пер. с англ. – М. : Смысл: Альпина нонфикшн, 2011. – 461 с.

20. Связь опыта потока с психологической зависимостью от компьютерных игр / Ш. Л. Ван [и др.] // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2011. – Т. 8, № 4. – С. 73–101.

Численное вейвлетное преобразование с использованием архитектуры Nvidia CUDA для обработки медицинских сигналов

А. А. Вахтин, email: alvahtin@gmail.com
Я. А. Туровский, email: yaroslav_turovsk@mail.ru

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *Рассматривается алгоритм численного вейвлетного преобразования (ЧВП) с использованием архитектуры Nvidia CUDA. Время выполнения ЧВП с использованием параллельных вычислений в CUDA существенно сокращается по сравнению с реализацией этого преобразования для CPU.*

Ключевые слова: *вейвлетное преобразование, параллельные вычисления, CUDA.*

Введение

Вейвлетный анализ является мощным средством анализа динамики систем. Достаточно обширна его практическая область применения: исследование нестационарных сигналов, распознавание образов, сжатие аудио- и видеоинформации, решение многих задач в радиотехнике, связи, электронике, ядерной физике, сейсмоакустике, метеорологии, биологии, экономике, медицине и других областях науки и техники [1].

В данной статье рассмотрен алгоритм и метод реализации вейвлетного преобразования, но не будет рассмотрен физический смысл вейвлетного анализа и особенности выбора вейвлетов, так как это зависит от задачи, для которой осуществляется вейвлетное преобразование, и не входит в тему данной статьи. Данные вопросы рассматриваются, например, в [1].

1. Алгоритм вейвлетного анализа

Непрерывное вейвлетное преобразование осуществляется по формуле:

$$W(s,t_0)=\frac{1}{\sqrt{s}}\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi\left(\frac{t-t_0}{s}\right)dt,$$

где f – исследуемая функция, ψ – функция-вейвлет [1], s – масштаб вейвлетного преобразования, t_0 – параметр сдвига.

© Вахтин А. А., Туровский Я. А., 2021

При численной реализации вейвлетного преобразования значения функции f берутся с одинаковым интервалом времени Δt:

$$x_n = f\left(\Delta t \cdot n\right), \text{ где } n = 0,1,...,N-1.$$

Формула численного вейвлетного преобразования будет:

$$W\left(s,n\right) = \sum_{k=0}^{N-1} x_k \psi\left(\frac{\left(k-n\right)\Delta t}{s}\right).$$

Для реализации алгоритма численного вейвлетного преобразования можно воспользоваться одним важным свойством: Фурье-образ вейвлетного преобразования – это произведение Фурье-образа функции $\hat{f}$ и комплексно-сопряженного Фурье-образа вейвлетной функции $\hat{\psi}*$ [1]. Таким образом, алгоритм численного вейвлетного преобразования сводится к следующим пунктам:

1. Выполнить преобразование Фурье для значений исследуемой функции $x_n (n = 0,1,...,N-1)$.

2. Получить преобразование Фурье для вейвлетной функции ψ на заданном масштабе s.

3. Вычислить вейвлетное преобразование как обратное преобразование Фурье:

$$W\left(s,n\right) = \sum_{k=0}^{N-1} \hat{x}_k \hat{\psi}^*\left(s\omega_k\right) e^{-i\omega_k n\Delta t},$$

где

$$\omega_k = \begin{cases} \dfrac{2\pi k}{N\Delta t} \text{ при } k \le \dfrac{N}{2}, \\ -\dfrac{2\pi k}{N\Delta t} \text{ при } k > \dfrac{N}{2}. \end{cases}$$

При этом:

4. Существуют алгоритмы быстрого преобразования Фурье, позволяющие сократить количество вычислений дискретного преобразования Фурье с $O(N^2)$ до $O(N \cdot \log(N))$ [2].

5. Существует набор вейвлетных функций, для которых были проведены исследования и получено аналитическое представление их Фурье-образов [1], что позволяет не использовать вычисление преобразования Фурье для вейвлетной функции, а получить ее значение по заданной формуле.

6. Если для вейвлетной функции не существует Фурье-образа и получить его в аналитическом виде невозможно, достаточно один раз

вычислить преобразование Фурье с заданным числом N и масштабом s и сохранить его для последующих вычислений, например, в файле.

Приведенный алгоритм позволяет существенно повысить расчетное время вейвлетного преобразования, но этого недостаточно, чтобы осуществить вейвлетный анализ для большого объема данных в режиме реального времени.

2. Численное вейвлетное преобразование с использованием параллельных вычислений CUDA

Чтобы повысить скорость вычислений, можно воспользоваться технологией параллельных вычислений. Для решения данной задачи авторы воспользовались графическим адаптером NVIDIA GeForce GTX, который поддерживает технологию параллельных вычислений CUDA [3].

Технология программирования для CUDA заключается в предоставлении ядрам одновременно одних и тех же инструкций и разных потоков данных. Такой подход позволяет увеличить количество исполнительных блоков за счёт их упрощения [3]. Этот стиль программирования является обычным для многих научных задач (в том числе для расчёта вейвлетного преобразования).

Для CUDA разработаны специальные библиотеки, в которых решается ряд математических задач. Так, например, в библиотеке CUFFT реализован алгоритм быстрого преобразования Фурье [3]. Данная библиотека была использована авторами для реализации алгоритма вейвлетного преобразования.

Разработанный авторами алгоритм состоит из следующих этапов:

1. С использованием библиотеки CUFFT [3] вычисляется преобразование Фурье для заданных значений $x_n\,(n = 0,1,...,N-1)$.

2. Запускается на графическом адаптере процедура вычислений

$$\hat{w}_n^k = \sqrt{2\pi k}\,\hat{x}_n \hat{\psi}^*\left(\frac{2\pi nk}{N}\right),$$

где $\hat{x}_n$ – Фурье-коэффициенты исследуемого сигнала, полученные в п. 1 $(n = 0,1,...,N-1)$, $\hat{\psi}^*$ – комплексно-сопряженный Фурье-образ вейвлета, k – величина масштаба. Значения n и k в каждом потоке, выполняемом на GPU, задаются в соответствии с их порядковым номером.

3. Для каждой полученной последовательности $\hat{w}_0^k, \hat{w}_1^k, ..., \hat{w}_{N-1}^k$ вычисляется обратное преобразование Фурье. Для этого используется библиотека CUFFT [3].

Заключение

С помощью средств разработки программ, основанных на технологии CUDA, была разработана динамически компонуемая библиотека, в которой реализована процедура вейвлетного преобразования. Это позволяет использовать данную библиотеку в разработке прикладных программ, в которых необходимо вейвлетное преобразование данных в режиме реального времени.

Данная библиотека была использована для создания биомедицинских систем на основе нейрокомпьютерного интерфейса, работающих в режиме реального времени [4, 5]. Извлечение информации об изменении или работе органов человека, применимой для формирования команд управления внешними устройствами, основано на локализованном спектральном анализе матриц вейвлет-коэффициентов. Для проведения численного вейвлетного преобразования был выбран вейвлет WAVE, полученный из первой производной Гаусса [1]:

$$\psi(t) = te^{-\frac{t^2}{2}}$$

с Фурье-образом:

$$\hat{\psi}(t) = i \cdot t \cdot e^{-\frac{t^2}{2}}$$

Несмотря на то, что вейвлет WAVE уступает вейвлету Морле в разрешении по частоте [1], его преимущество связано со значительно меньшей временной задержкой, вызванной лучшей его локализацией во временном пространстве.

Для испытаний использовался сигнал, поступающий в режиме реального времени по 21 каналу от электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр 4-ВП» (производитель – ООО «Нейрософт»). Наибольшая частота дискретизации каждого канала – 5 кГц, разрядность АЦП – 16 бит. Таким образом, максимально в течение 1 с от прибора поступало $1,05 \times 10^5$ отсчетов по каналам ЭЭГ. Результаты времени вычисления вейвлетного преобразования приведены в таблице. Очевидно, что алгоритм вейвлетного преобразования с использованием вычислений на CUDA более чем в тысячу раз быстрее, чем алгоритм для CPU.

Таблица

Время вычисления вейвлетного преобразования (сек)

	число элементов × число масштабов				
	250×128	500×256	1000×512	2500×1024	5000×2048
CPU	4,934	8,341	23,989	85,899	235,460
CUDA	0,004	0,008	0,023	0,047	0,202

Представленные в настоящей статье результаты могут быть использованы для совершенствования систем параллельной обработки сигналов, характеризующих активность органов или системы органов человека, что позволит создать системы биологической обратной связи и нейрокомпьютерные интерфейсы нового поколения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта 19-29-01156 мк.

Список литературы

1. Короновский, А. А. Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения / А. А. Короновский, А. Е. Храмов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 176 с.

2. Нуссбаумер, Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток / Г. Нуссбаумер. – М. : Радио и связь, 1985. – 248 с.

3. Сандерс, Д. Технология CUDA в примерах. Введение в программирование графических процессоров / Д. Сандерс, Э. Кэндрот. – М. : МДК Пресс, 2017. – 232 с.

4. Туровский, Я. А. Системы интерфейсов человек-компьютер на основе анализа спектральных особенностей биомедицинских сигналов и гибридного интеллекта / Я. А. Туровский // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019 : сборник трудов. – М. : ИПУ РАН, 2019. – С. 1649-1652.

5. Исследование ЭЭГ-корреляторов субъективных временных шкал / Я. В. Булгакова [и др.] // Нейронаука для медицины и психологии : труды конгресса. – М. : МАКС Пресс, 2020. – С. 119-120.

Оценка эффективности функционирования автоматизированных систем с различными процессорными архитектурами

М. С. Гнутов, email: monk666@bk.ru
В. Н. Титаренко, email: peresl77@mail.ru
А. Б. Сизоненко, email: siz_al@mail.ru

Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С. М. Штеменко

Аннотация. *Представлены основные процессорно-архитектурные концепции. Подробно рассмотрен подход VLIW как альтернатива суперскалярным машинам для организации параллелизма на уровне инструкций. Опытным путем измерена производительность автоматизированных систем с разными архитектурами процессоров. Проведена опытная оценка эффективности ЭВМ на базе Эльбрус 8С и Intel Core-i7. Перечислены преимущества, недостатки и перспективы технологии VLIW. Предложены комплексные меры повышения эффективности работы разрабатываемого программного обеспечения для систем, основанных на процессорах российского производства «Эльбрус».*

Ключевые слова: *архитектура процессора, параллелизм, RISC, VLIW, Эльбрус, Intel.*

Введение

Тенденции развития информационных технологий, жесткая конкуренция на рынке компьютерных инноваций приводят к росту потребностей приложений и, как следствие, необходимости увеличения производительности автоматизированных систем. Кроме того, в целях защиты внутреннего рынка Российской Федерации, развития национальной экономики, поддержки российских организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере информационных технологий, в 2015 году правительством Российской Федерации были введены ограничения на допуск иностранного программного обеспечения, используемого для обеспечения государственных и муниципальных нужд, что простимулировало отечественных производителей электроники и программного обеспечения, а также создало более

© Гнутов М. С., Титаренко В. Н., Сизоненко А. Б., 2021

благоприятные условия для распространения и продвижения национальной продукции внутри страны [1, 2].

Эти факторы оправдывают вложения и инвестиции в исследование новых и применение уже известных процессорных архитектур в нашей стране.

Особенно перспективным направлением является семейство микропроцессоров «Эльбрус» основанных на архитектуре VLIW и разрабатываемых российской компанией МЦСТ при участии ИНЭУМ.

1. Основные виды процессорных архитектур

Слово «архитектура» можно перевести с греческого языка как «искусство строить». Фактически это расположение частей и элементов в общей структуре. Архитектура процессора с точки зрения:

– программиста – это совместимость с определенным кластером команд (работающим, например, на Intel x86-64), их систем адресации, организации регистровой памяти (и др.) и способа конечной реализации программы;

– непосредственно аппаратной конфигурации – определенные свойства, качества и внутренняя конструкция рассматриваемого семейства процессоров.

В настоящее время существует множество видов процессоров и базовых архитектур. Рассмотрим основные виды.

CISC (англ. Complex Instruction Set Computer – «компьютер с полным набором команд»). Примеры архитектуры: x86 (IA-32) и x86_64 (AMD64).

RISC (англ. Reduced Instruction Set Computer – «компьютер с сокращённым набором команд»). Примеры архитектуры: PowerPC, серия ARM (ARM7, ARM9, ARM11, Cortex).

VLIW (англ. Very Long Instruction Word – «очень длинная машинная команда»). Примеры архитектуры: Intel Itanium, Эльбрус.

MISC (англ. Minimal Instruction Set Computer – «компьютер с минимальным набором команд»). Используется в IoT-сегменте, роутерах.

OISC (One Instruction Set Computer – «архитектура с единственной инструкцией»). Примеры архитектуры: BitBitJump, ByteByteJump, SUBLEQ.

TTA (Transport Triggered Architecture) TTA является разновидностью OISC. Пример архитектуры: MOVE Project.

Некоторые из указанных выше архитектур сильно разнятся, некоторые схожи, некоторые со временем объединяются. Еще в 80-х годах популярная CISC-архитектура начала приобретать некоторые RISK-черты. Сейчас в современных процессорах x86-64 и x86 внутри стоит RISC-ядро и используется микрокод.

На протяжении многих лет распространенная архитектура x86, x86-64 выигрывала не только за счет совокупности показателей «цена-удобство-популярность». Дело в совместимости – x86_64 всё ещё лидер только как наследник x86. Так как старые программы работают только на x86, то и новые системы должны быть совместимыми для работы привычного программного обеспечения

Развитие архитектуры RISC в современных реалиях оказалось ограниченным из-за парадигмы машины фон Неймана [3], в которой программы реализованы с допущением, что инструкции должны выполняться последовательно, в том же порядке, в каком они указаны в коде. То есть, аппаратное отсутствие параллелизма? Нет, в суперскалярных процессорах, позволяющих выполнять сразу несколько команд за такт (путем использования нескольких конвейеров), для распознавания зависимостей между машинными инструкциями применяется сложный аппаратный планировщик. Однако, при росте количества функциональных модулей, в геометрической прогрессии растет и размер этого предсказателя переходов, занимая всё свободное место на кристалле процессора. Это ограничивает развитие ядер на супербыстрых RISK-архитектурах.

При подходе VLIW можно назначить все планирование программному компилятору, который должен выискать в программе независимые инструкции, собрать их вместе в очень длинные слова-инструкции, после чего отправить на одновременное исполнение функциональными модулями, количество которых (в идеале) равно количеству операций в этой инструкции. Аппаратно VLIW-процессор состоит из нескольких простых функциональных модулей, подключенных к шине процессора, нескольких регистров и блоков кэш-памяти. Максимальная скорость обработки определяется только количеством и внутренними составом самих функциональных модулей.

2. Сравнение производительности ЭВМ «Эльбрус 8С» и «Intel Core-i7» на основе синтетических тестов

В рамках научно-исследовательской работы, выполняемой в декабре 2020 года на базе военного инновационного технополиса «ЭРА» в г. Анапа, был проведен ряд сравнительных исследований автоматизированных систем с различными процессорными архитектурами. Для оценки производительности архитектур VLIW и x86-64 были использованы вычислительные машины со следующими характеристиками (см. таблицу):

Таблица

Характеристики ЭВМ

Процессор	Эльбрус 8С 1,3 Ghz	Intel Core-i7 4570U 1,7 Ghz
Процессорная архитектура	VLIW	X86-64
Количество ядер/потоков	8/8	2/4
Видеоадаптер	Radeon HD 7450 1GB	Intel HD Graphics 4600
Операционная система	Astra Linux Special Edition «Ленинград» 8.1	Astra Linux Special Edition «Смоленск» 1.6

Характеристики твердотельных накопителей и оперативной памяти в таблице не представлены из-за их малого влияния на результат тестирования ЭВМ.

Для тестирования производительности рабочих станций стенда на базе процессора «Эльбрус-8С» и его сравнения с ЭВМ на базе процессора Intel решено использовать следующие синтетические тесты: coremark; busspeed; dhrystone; linpack; memspeed; mpmflops; whetstone.

Для тестирования производительности ЭВМ-стенда было принято решение использовать следующие прикладные программы: postgresql; openssl; apache2; php 7.0; 7-zip; LibreOffice.

Использование данного программного обеспечения позволяет оценить, каким образом будет вести себя ЭВМ при повседневной работе пользователя или при использовании данного ЭВМ в качестве сервера приложений [4].

1. Результаты сравнительного тестирования программой mpmfloops.

Результаты тестирования ЭВМ «Эльбрус» бенчмарком mpmfloops было решено разбить по размеру используемых массивов. Обобщённые результаты тестирования представлены на рис. 1–3.

В данном тесте процессор «Эльбрус 8С» демонстрирует преимущество своей архитектуры. При тестировании с использованием массива меньшей длины процессор «Эльбрус 8С» обгоняет процессор Intel в 3 раза (при использовании режима тестирования с 2 и 8 операндами). При увеличении размера массива процессор Intel догоняет процессор «Эльбрус 8С». При тестировании ЭВМ «Эльбрус» в режиме 32 операций на малых объёмах данных его преимущество по сравнению с Intel вырастает до 5 раз. Из этого следует, что для увеличения производительности работы программы на процессоре «Эльбрус 8С»

требуется группировать операции и тщательно подбирать размер обрабатываемых данных одного прохода.

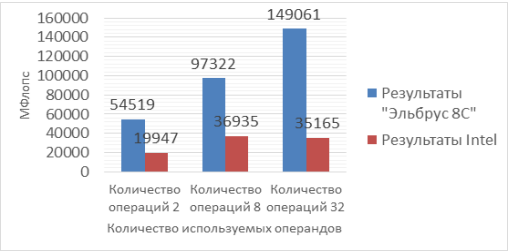


Рис. 1. Результаты теста «mpmfloops» с использованием размера массива 102400 элементов



Рис. 2. Результаты теста «mpmfloops» с использованием размера массива 1024000 элементов

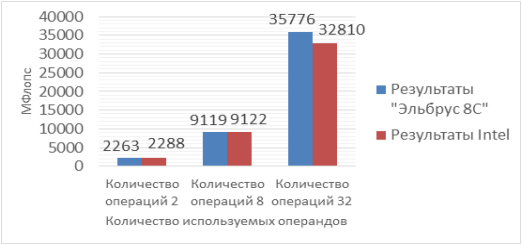


Рис. 3. Результаты теста «mpmfloops» с использованием размера массива 10240000 элементов

2. Результаты сравнительного тестирования с помощью архиватора «7zip».

В данном тесте процессор «Эльбрус 8С» оказывается быстрее процессора Intel. Это можно объяснить большим количеством ядер

и возможностью оптимизации под особенности архитектуры VLIW. В задаче архивации процессор «Эльбрус» оказался быстрее на 10%, в задаче разархивирования – на 30% (см. рис. 4). Из этого можно сделать вывод, что несмотря на малую частоту, работу с алгоритмами сжатия рабочая станция «Эльбрус» проводит достаточно эффективно.

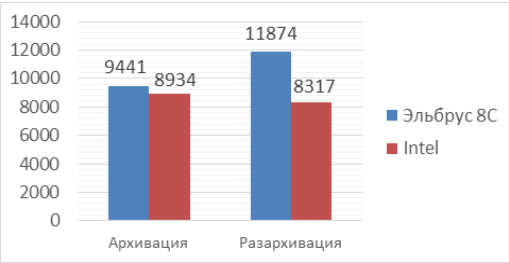


Рис. 4. Результаты тестирования «7zip»

К сожалению, остальные тестовые программы и синтетические тесты показали, в целом, отставание российской системы от ее зарубежного аналога. Тестирование прикладных программных продуктов показало, что основной недостаток новой архитектуры VLIW – отсутствие оптимизации уже имеющегося программного кода. Этим объясняется низкая эффективность работы серверов баз данных, интерпретаторов языка, алгоритмов шифрования.

Это происходит, в том числе, из-за самой концепции написания программ. Современные системы требуют современных решений – при написании программ необходимо использовать подход так называемого «параллельного программирования». Это требует определенных усилий и понимания работы компилятора у программиста. Однако, программное обеспечение, оставшееся как наследство от одноядерных CISC- и RISK-систем, не дает воспользоваться всей мощью архитектуры VLIW. Совместное использование возможностей компилятора, а также методов представления и преобразования алгоритмов при написании программистом кода даст значительное ускорение работы автоматизированных систем за счет увеличения доли параллельных вычислений и достаточно компактной формы алгоритма.

3. Варианты ускорения вычислительной задачи в автоматизированной системе с параллельной структурой

Любой набор процессов использует конечное количество системных ресурсов. Для каждого элемента множества системных ресурсов имеется ряд факторов, определяющих очередность исполнения

того или иного процесса. Зададим алгоритм запуска приоритетных процессов на 11 позиций с помощью графа (см. рис 5).

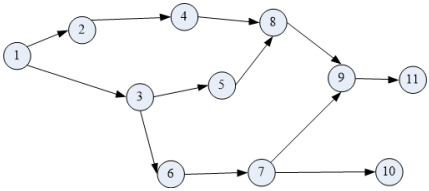


Рис. 5. Граф алгоритма

Данный граф алгоритма можно преобразовать в ярусно-параллельную форму (см. рис 6).

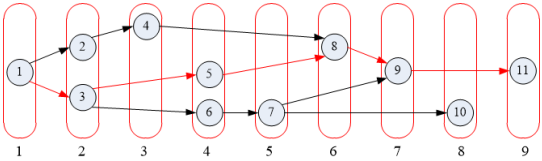


Рис. 6. Граф алгоритма в ярусно-параллельной форме представления

Закон Амдала иллюстрирует, что возможная выгода от использования параллельных вычислений во многом предопределена свойствами применяемых в программах методов и алгоритмов.

Естественно, что максимальное ускорение, которое можно получить при исполнении задач на параллельной вычислительной системе, по закону Амдала рассчитывается как

$$S = \frac{1}{p + \frac{1-p}{c}}, \tag{1}$$

– S – коэффициент максимального увеличения скорости работы системы,

– p – доля параллельных операций в рассматриваемой системе,

– c – количество ядер.

При большом количестве ядер графического процессора можно обозначить как

$$S \approx \frac{1}{p}. \tag{2}$$

Т. е. при доле параллельных операций $p = 50\% = 0,5$, вычисляемых на системе с большим количеством процессоров (или одновременно обрабатываемых параллельных потоков), максимальное ускорение будет всего лишь в 2 раза относительно последовательного варианта расчета. При $p = 0,9$ – в 10 раз.

В программном исполнении можно добиться максимального ускорения процесса:

первое – увеличивая ширину на ярусно-параллельной форме (далее – ЯПФ) представления алгоритма и уменьшая ее высоту после расчета высоты канонической ЯПФ (поиск кратчайшего пути – путь 1-3-5-8-9-11 на рис. 6 и преобразование ЯПФ на рис. 7). Шириной ЯПФ является количество исполнителей (вычислительных ядер), которые могут быть задействованы. Высота ЯПФ – скорость выполнения алгоритма, т. е. количество ярусов можно представить количеством тактов. Построенная ЯПФ дает максимальную скорость и максимальную «жадность» (максимальное количество исполнителей) без изменения программной структуры самого алгоритма;

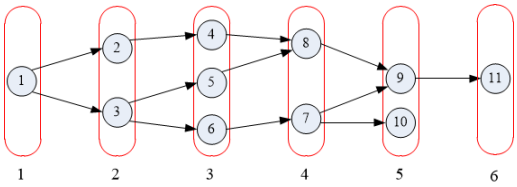


Рис. 7. Преобразованный граф алгоритма в ярусно-параллельной форме представления

и второе – распараллеливанием задач – т. е. преобразовывая отношения между элементами массива. На рис. 8 сверху схематично изображено шифрование в режиме простой замены, выполненное последовательно за 7 тактов, затем то же самое действие, выполненное параллельно, но за 4 такта.

Если на этапе преобразования ЯПФ назначение на процессорные вычислители может совершаться средствами операционной системы и (или) существующим специальным программным обеспечением с определенным наборами библиотек, то на данном этапе необходима работа программиста для преобразования программного кода выполняемого алгоритма.

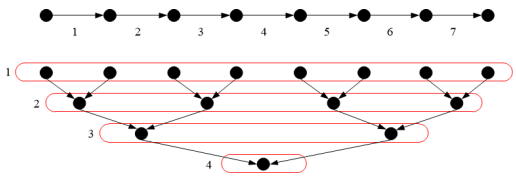


Рис. 8. Эквивалентное преобразование – шифрование в режиме простой замены

Заключение

Сложным многопроцессорным системам, входящим в состав современных комплексов средств автоматизации, сегодня приходится одновременно обрабатывать множество различных задач. Многопроцессорность и многопоточность на аппаратном уровне, совмещенная с параллелизмом, реализованном на программном уровне с применением алгоритмов преобразования, позволит отечественным процессорам, основанным на архитектуре VLIW, со временем занять одно из лидирующих мест на рынке информационных технологий [5, 6].

На данный момент тактовая частота процессора Эльбрус ниже, чем у процессоров Intel, но за счёт организации параллелизма и хорошей оптимизации кода разница в частоте не будет решающим фактором. По пиковой производительности отечественный процессор уже сейчас обгоняет серверный Intel Xeon E5-2609, а по количеству выполняемых команд за один такт превосходит практически любого конкурента.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что в целом автоматизированная система, основанная на процессоре «Эльбрус» и операционной системе Astra Linux «Ленинград» 8.1, уже сейчас способна в ряде задач заменить аналогичную на основе ЭВМ с процессором Intel и ОС Windows. ЭВМ с процессором «Эльбрус» обеспечивает бóльшую надёжность от хакерских атак по сравнению с ЭВМ на основе Intel в связи с использованием собственной защищённой архитектуры и отсутствием известных аппаратных уязвимостей [7, 8]. Операционная система Astra Linux Special Edition «Ленинград» также способна обеспечить защищённость данных на программном уровне с использованием как встроенных СЗИ, так и с СЗИ, поставляемыми сторонними разработчиками. Дополнительная система защиты parsec данной ОС гарантирует защиту от несанкционированного доступа и возможности повышения прав пользователя, а мандатные метки и метки конфиденциальности обеспечивают защищённость от распространённых атак на аналогичные системы семейства Linux.

Список литературы

1. Постановление правительства РФ от 16.11. 2015 N 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» // Собрание законодательства РФ. – 2015. – №. 47.

2. ФСТЭК подписал указ об использовании отечественного ПО на объектах критической информационной инфраструктуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.securitylab.ru/news/512136.php

3. Sohi, G. S. Multiscalar processors / G. S. Sohi, S. E. Breach, T. N. Vijaykumar // In 25 Years ISCA: Retrospectives and Reprints. – 1998. – P. 521–532.

4. Мишин, А. А. Исследование и сравнительная оценка эффективности архитектуры «Эльбрус» / А. А. Мишин // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 91–95.

5. Большое тестирование процессоров различных архитектур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/company/icl_services/blog/501588/

6. Приходько, Д. И. Экспертный анализ недостатков и методы их преодоления для архитектуры VLIW / Д. И. Приходько // Научные достижения и открытия современной молодёжи. – 2018. – С. 14–15.

7. Мельников, М. О. Аппаратные уязвимости микропроцессоров архитектуры X86/X86_64 ИАRM / М. О. Мельников, Е. В. Игонина // Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надежности, устойчивости и эффективности систем. – 2019. – С. 128–133.

8. Ким, А. К. Микропроцессоры и Вычислительные комплексы семейства «Эльбрус» : учебное пособие / А. К. Ким, В. И. Перекатов, С. Г. Ермаков. – СПб. : Питер, 2013. – 272 с.

Секция 8
САПР и цифровые технологии

Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности строительных процессов

Т. В. Горохова, e-mail: GTV357@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. *Актуальность внедрения цифровых технологий в строительстве определяется комплексом задач, поставленных в свете развитии всей цифровой экономики страны. Проблемы инновационного развития строительной отрасли предполагают комплексное внедрение цифровых технологий при решении различных задач производства строительных материалов, строительного проектирования и, собственно строительного производства. В данной статье рассматривается влияние на эффективность строительных процессов при использовании BIM-технологий в строительстве. Данные исследования используются в качестве обоснования необходимости перехода на BIM-технологии. Методы исследования основаны на анализе российских и зарубежных источников с целью увеличения эффективности, связанной с применением BIM-технологий в строительстве. Обнаружено, что применение BIM-технологий способствует сокращению количества ошибок на 30 % и на 100 % обнаружить все пространственные неточности в конструкциях и устранить данные погрешности, ускорить процесс проектирования примерно на 25%, позволить в 3 раза сократить время, необходимое на подготовку рабочей документации.*

Ключевые слова: *цифровизация строительства, BIM – моделирование, информационная модель здания, внедрение, проектирование, управление строительством, жизненный цикл.*

Введение

Современные информационные и цифровые технологии внедряются как в повседневной жизни человека, так и в различных отраслях промышленности, более того такое внедрение сегодня уже является просто необходимым, в противном случае отставание в сфере современных информационных и цифровых технологий неизбежно приведёт к потере конкурентных преимуществ и потере части или всего рынка сбыта продукции.

Строительная отрасль не является исключением и применение новейших информационных и цифровых технологий позволяет не

© Горохова Т. В., 2021

только сохранить конкуренцию на рынке, но и в целом развивать отрасль, повышать эффективность строительных процессов и проектирования.

Одной из новейших технологий в строительстве является так называемая BIM технология. Сам по себе термин BIM является аббревиатурой от Building Informational Modeling, что в переводе с английского означает: информационное моделирование зданий. То есть из определения следует, что подразумевается некий процесс моделирования и как итог информационная модель строительного объекта.

В целом можно дать следующее определение: информационное моделирование зданий (BIM) – это процесс, в результате выполнения которого в соответствии его этапам создаётся и совершенствуется информационная модель здания. [1]

Информационная модель здания (BIM) – это модель строительного объекта, содержащая информацию, организованную таким образом, что позволяет обрабатывать её с помощью цифровых технологий и достигать решения инженерных задач посредством автоматизированных систем, при этом обязательным является согласованность и взаимосвязь содержащейся информации вне зависимости от вида информации, возможность количественного и математического анализа, возможность динамического обновления модели в целом.

Современная действительность предъявляет новые, ранее не предъявляемые требования к проектированию объектов строительства. В настоящее время на этапе управления строительством необходимо не только проект объекта, а информационная модель, содержащая в себе все необходимые сведения, востребованные на протяжении всего жизненного цикла объекта. Вместе с тем, необходимо не только качественная разработка строительного проекта, также эффективное и рациональное управление объектом недвижимости является важнейшей задачей отрасли.

Строительная отрасль ориентирована на создание, воспроизводство и приобретение основных фондов в виде недвижимости посредством нового строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения капитальных объектов для последующего их применения в народном хозяйстве.

В соответствии со Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы технологии информационного моделирования зданий и сооружений являются ключевыми технологиями в общей структуре цифровой экономики, так

как позволяют значительно повысить эффективность одного из важнейших секторов экономики РФ – строительного комплекса.

Научно-технический прогресс стабильно набирает обороты, идет развитие всех отраслей. Технологии информационного моделирования (BIM) широко используются в США, Китае, Великобритании, Финляндии и Сингапуре, где с их помощью реализуется большинство строительных проектов (Зарипова А.В., Хабибуллин А. Э., 2017) [2]. В России пока не так много компаний, которые активно внедряют их в свой арсенал, однако с каждым годом количество девелоперов, стремящихся к осваиванию современных IT-продуктов, неуклонно растет. Этому способствует и политическая деятельность государства в сфере строительства: разработана дорожная карта перехода на BIM-технологии, разрабатываются государственные стандарты и своды правил по информационному моделированию зданий, определены пилотные проекты.

BIM – один из приоритетных пунктов в национальном проекте «Жилье и городская среда» [3] и важная составляющая федерального проекта «Цифровое строительство» [4]. Предполагается, что результатом его реализации станет сокращение затрат в строительстве на 20 %, а сроков – на 30 %.

Инструменты BIM – технологий предназначены для самых разнообразных задач, таких как детальная визуализация интерьеров и экстерьеров зданий в виртуальной реальности по фотографиям, автоматизированное управление строительной техникой, контроль за строительством и эксплуатацией, дежурство по объектам (Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., 2019) [5]. Каждый масштабный строительный проект, будь это жилая или коммерческая недвижимость, дорога, мост, требует привлечения десятков подрядчиков и сотен единиц техники, это тысячи человеко-часов и десятки тысяч мегабайт информации.

1. Эффективность применения BIM-технологий

Качественная визуализация проектных решений в рамках информационного моделирования дает возможность еще до начала строительства получить более подробное представление об объекте строительства, чем при традиционном способе. Тем самым, возможно раньше получить обратную связь от заказчика, предпочтительнее предсказать риски, этим сэкономить бюджет и уложиться в сроки проекта, избежав бесчисленных переделок. Также становится более простым авторский надзор: инженер может приехать на объект со смартфоном, подключенным к облачному хранилищу BIM-системы, он

может сделать фотографии, интересующих его точки объекта и продолжить работу над моделью в офисе.

Информационная модель здания представляет собой не просто трехмерный объект, а цифровое представление физического объекта, который наполнен различных родов информацией: геометрической, физической, экономической, информацией о разработчиках и производителях изделий. Спроектированное с помощью BIM-технологий здание обладает физическими свойствами реального объекта.

Объект можно не только увидеть еще до начала строительства, но и рассчитать различные параметры и материалы на основе заложенной разработчиками информации.

Одной из основных проблем существующего подхода к формированию документации проекта на основе CAD-проектирования считается низкий уровень автоматизации процессов при разработке сметной документации. В частности, сметчику необходимо самому собирать и обрабатывать различную информацию от проектировщиков, изучать и сопоставлять данные двухмерных чертежей, назначать вручную сметные параметры. Значительная доля участия человека в составлении сметы обуславливает высокий риск ошибок и, таким образом, неточность в расчете бюджета строительства объекта.

Основные проблемы традиционного подхода (CAD-подхода) к моделированию и управлению объектом капитального строительства:

– отсутствие единого стандарта проектирования;
– не согласность действий участников бизнес-процессов;
– дефицит интеграции между специалистами;
– отсутствие координации между проектными документами;
– риск возникновения коллизий на стадиях изменения и обновления проекта;
– отсутствие связи источников информации;
– не результативность управления данными;
– проблемы несовместности форматов данных.

Традиционный подход к проектированию опирается на двухмерные модели – планы, чертежи, бумажную документацию. BIM-технологии добавляют новые измерения – планы строительства, время, стоимость – которые возможно представить в любом удобном виде с помощью информационной модели объекта в виртуальной реальности.

Основная технология – трехмерная модель. В зависимости от задач, которые предстоит решить в ходе работы, добавляются дополнительные векторы: 4D – время, 5D – стоимость, 6D – эксплуатация.

При применении BIM-технологий можно объединить различные разделы и решения в одном многомерном пространстве. У заказчика есть возможность увидеть результат строительства до его начала. Очень часто «3-D визуализацию» проекта сравнивают с «4-D» и даже «5-D». Это свидетельствует о том, что можно рассмотреть объект со всех сторон снаружи и пройтись по внутренним помещениям. [6]

Сложности, возникающие при внедрении BIM.

Главные препятствия, возникающие на пути внедрения BIM технологии в России (Дронов Д. С., Киметова Н.Р., Ткаченко В. П., 2017) [7]:

– отсутствие понимания и сложность подсчета экономического эффекта на коротко срочном горизонте планирования;

– отсутствие точного понимания, что представляет из себя BIM;

– отсутствие тех оснащённости участников проекта;

– высокие первоначальные вложения (закупка оборудования и ПО), отсутствие в достаточной мере численности специалистов, высокая степень расходов на специалистов;

– потребность доработки нормативно-правовой базы, формирование единых стандартов;

– потребность перестроения внутренних процессов, продолжительность приспособления.

В таблице приведены результаты оценки эффективности.

Таблица

Оценка эффективности при применении BIM-моделирования

Операционная	Финансовая
Снижение количества переделок на стройплощадке на уровне от 20 до 90%.	Рост показателя NPV (10-25%).
Сокращение длительности этапа проектирования до 30%.	Рост индекса рентабельности (14-15%).
Повышение безопасности на объекте.	Рост внутренней нормы доходности (IRR) (14-20%).
Снижение рисков по проектам с BIM.	Сокращение сроков окупаемости инвестиционно-строительного проекта (15-17%).
Сокращение сроков согласования проектов.	Сокращение расходов на печать, упаковку, копирование, отправку, получение.

Продолжение таблицы

Операционная	Финансовая
Ускорение внесения изменений в проектную документацию в 1,5-5 раз.	Уменьшение количества запросов на дополнительную информацию и запросов на изменения по проекту, что приводит к снижению потерь.
Снижение количества коллизий на 50-100%.	Сокращение сроков подсчета объемов строительных работ и последующей корректировки сметных расчетов в 2-3 раза.
Повышение точности подсчета объема работ и разработки смет.	Повышение точности сметных расчетов, снижение средней величины ошибки в оценке общей стоимости проекта до 2%.
Сокращение длительности процесса формирования рабочей документации до 3-х раз.	Снижение затрат на этапе строительства и эксплуатации объекта до 30%.
Рост производительности труда до 30%.	Повышение стоимости проектных работ на 10-30%, связанное с детализацией проекта и значительным повышением его качества.
Сокращение продолжительности процедуры экспертизы.	Снижение административных расходов до 40%.
Организация эффективного мониторинга и контроля работ по проекту.	
Стратегическая	Промышленная
Повышение качества проекта при использовании BIM приводит к формированию согласованной документации, снижению количества запросов на информацию.	Улучшение рыночной позиции.
Повышение конкурентоспособности, которую оценивают в количестве выигранных тендеров.	Соответствие стандартам.

Окончание таблицы

Стратегическая	Промышленная
Коммуникации между заказчиком, проектировщиками и строителями.	Рост доли рынка.
Хорошо понимаемый сторонами объем проектных работ.	Лидерство на рынке.
Формирование более качественного проекта.	Бренд надежной и качественной услуги.
Визуализация для субподрядчиков, генподрядчиков.	
Оптимизация графика производства работ.	
Хорошо организованный документооборот.	
Накопление и хранение информации об объекте для технического обслуживания и эксплуатации в цифровом формате.	
Увеличение вовлеченности персонала в производственный процесс.	
Прозрачность производственных процессов.	

2. Обоснование результатов оценки эффективности

1. Проектирование

Этап проектирования сокращается до 30 %. Проектные организации, применяющие технологии информационного моделирования и, следовательно, имеющие значительный опыт, отмечают об увеличении эффективности непосредственно процессов проектирования.

К примеру, наблюдается ускорение процессов проектирования на 20-30 %. У проектных организаций, которые не имеют достаточного опыта применения BIM (1-2 проекта), темп работы снижается на 5%, что может объясняться в первую очередь тем, что сотрудники не сразу получают опыт работы с BIM – этап обучения и адаптации может привести к снижению производительности труда.

По сведениям АО «ВЕРФАУ», представленным на Российском инвестиционно-строительном форуме-2016, использование возможностей программного обеспечения по автоматической

расстановке отдельных составляющих оборудования на сложном в технологическом плане объекте здравоохранения в ходе проекта позволяет экономить до 6 человеко-месяцев работы, что в стоимостном эквиваленте равно 0,5 млн рублей (при среднемесячной заработной плате специалиста в 60 000 рублей и с учетом отчислений на оплату труда).

2. Рабочая документация

Процесс формирования рабочей документации сокращается до 3-х раз.

Проектная документация с высоким качеством, разработанная с использованием технологий информационного моделирования на стадии проектирования, приводит к сокращению длительности формирования рабочей документации в 3 раза. Фактически объемы работ по проектированию смещаются как раз на стадию проектирования: производится больший объем работ, чем при традиционном методе. Таким образом, к стадии формирования рабочей документации в информационной модели накоплен большой объем информации, что позволяет выпускать рабочую документацию в автоматизированном режиме.

3. Запросы

Уменьшается частота запросов на дополнительную информацию и на изменения по проекту, и это приводит к снижению потерь.

Тщательная проверка проектной документации и развернутость проекта, созданного в трехмерном формате, значительно снижает частоту запросов на дополнительную информацию. Когда строителям непонятны детали проекта, им приходится просить разъяснения от проектировщиков. И эта необходимость запросов возникает в процессе выполнения строительно-монтажных работ. И вот такие запросы на информацию приводят к остановке производственного процесса и тем самым вызывают простой трудовых и материальных ресурсов, собственно, что и влечет за собой существенные потери. Поправка коллизий буквально на 100 % содействует снижению появления на стадии выполнения СМР запросов на исправления в проекте, который возникает из-за невыполнимости работ в зависимости от проекта и потребности его корректировки.

Так, по собранным сведениям, издержки на выполнение запросов на дополнительную информацию для проектов с масштабным использованием BIM сокращается в 2 раза, издержки на выполнение запросов на изменения – в 2,5 раза и снижаются с 6,9 % до 2,6 % от суммы договора.

4. Длительность подсчета объемов строительных работ и дальнейшей корректировки сметных расчетов сокращается в 2-3 раза.

Технология информационного моделирования объектов строительства дает возможность на основе данных 3D-модели выполнять подсчет объемов материальных ресурсов с высокой точностью, труднодоступной при традиционном методе (Без BIM). Также отмечают, что при высоком качестве проекта, существенной детализации, не требующаяся в соответствии с действующими стандартами проектирования, скорость пересчета объемов возрастает до 10 раз, и в результате, возможно полное автоматизирование. Впрочем, это гарантируется больше тщательной проработкой проекта и возможно даже увеличение времени на проектирование по сравнению с традиционным методом.

Так, одним из превосходства BIM считается вероятность выполнения расчетов и экономической модели проекта, включая разработки сметной документации. Вместе с тем, высокое качество, тщательный уровень проработки проекта и способности программного обеспечения способствуют сокращению времени на подсчет объемов строительных работ, формирование и дальнейшее уточнение сметной документации в 2-3 раза.

5. Затраты

Затраты на этапе строительства и эксплуатации объекта снижаются до 30 %.

Благодаря высокому качеству проекта и сметной документации, а также возможности по планированию закупок и т. д. некоторые организации могут говорить о снижении себестоимости проекта, которая связана со снижением затрат на этапе строительства (от 10 до 30 %). Эксплуатирующие организации также говорят и о возможности снижения затрат на этапе эксплуатации объекта в размере 30 %.

6. Производительность труда

Производительность труда повышается до 30 %.

Низкая производительность труда считается традиционной для российской экономики. Не считается исключением и строительная отрасль – данные производительности труда не допустимо считать высокими. Однако итоги изучения показывают, что использование BIM-технологий содействует повышению производительности труда на 10-30 % благодаря оптимизации и автоматизации различного рода задач.

7. Экспертиза

Уменьшение длительности процедуры экспертизы.

Некоторое количество организаций обращают внимание на сокращение сроков прохождения экспертизы при применении

технологий информационного моделирования. Такое сокращение сроков является возможным, в первую очередь благодаря тому, что детальность проекта и возможность экспертам быстро получить нужную дополнительную информацию за счет усовершенствованной визуализации проекта и быстрой генерации дополнительных видов и разрезов дает возможность более четкого формулирования замечаний, при этом у экспертов нередко отпадает надобность запрашивать дополнительную информацию по проекту. Это, в свою очередь, способствует скорой поправке замечаний, полученных от экспертов.

8. Административные расходы

Административные расходы снижаются до 40 %.

Снижение административных расходов, связанных с рутинной работой инженеров (подлежащих автоматизации), процессами обмена информацией (в единой информационной системе частота пересылок информации и потраченного на них времени сокращается на 40 %) является одним из факторов формирования общего экономического эффекта по инвестиционно-строительному проекту.

Так, к примеру, ООО «СОДИС ЛАБ» в рамках Российского инвестиционно-строительного форума-2016 представило итоги расчетов экономии трудозатрат и, в соответствии с этим, денежных ресурсов (которые были бы ориентированы на плату труда при неэффективной организации процесса взаимодействия в рамках проекта) на проведении совещаний, подготовке и проверке недельных отчетов, сборе информации для принятия управленческих решений по проекту и т. д. Трудовые затраты на перечисленные события оценены организацией на уровне 153 человеко-часов в месяц, что соответствует 1 836 человеко-часам в год. В стоимостном эквиваленте это порядка 0,8 млн рублей в месяц и почти 10 млн в год. Все перечисленные события в информационной системе, поддерживающей BIM, автоматизируются, а вследствие того ускоряются.

9. Организация эффективного мониторинга и контроля работ по проекту.

Использование BIM предоставляет возможность воплощать эффективный контроль за ходом строительства. Так, к примеру, есть вероятность организации автоматизированной системы мониторинга за строительством зданий и сооружений в режиме реального времени и интеграции ее с корпоративными системами управления, то есть выставление замечаний и выдача в электронной системе с возможностью отслеживания выполнения. Все это в совокупности с наличием комплекса информации по проекту способствует повышению качества принимаемых управленческих решений.

Заключение

Использование технологий информационного моделирования считается не просто модным трендом, это реальная экономическая надобность, обусловленная потребностью гарантировать эффективную работу инвестиционно-строительной отрасли.

Внедрение BIM упрощает управление строительным объектом на протяжении всего жизненного цикла – с предпроектной подготовки и вплоть до заморозки или реконструкции.

Внедрение и развитие BIM-технологий сегодня – это эволюционный прогресс системы проектирования и строительства в целом.

На сегодняшний момент выявлено, что применение BIM-технологий помогает сократить количество ошибок на 30 % и на 100 % обнаружить все пространственные неточности в конструкциях и устранить данные погрешности, ускорить процесс проектирования приблизительно на 25%, позволить в 3 раза сократить время, необходимое на подготовку рабочей документации. Компании, в которых были внедрены BIM-технологии, отмечают более высокое качество проекта, сокращение времени на внесение изменений, а также лучшее взаимодействие с заказчиком.

По результатам проведенного анализа всех факторов экономического и неэкономического характера можно с уверенностью говорить о том, что применение технологий информационного моделирования объектов строительства повышает конкурентоспособность предприятия, способствует снижению уровня затрат, сокращению сроков строительства, повышению качества проекта и непосредственно строительства, снижению рисков и повышению безопасности, а также обеспечивает менеджмент полным объемом информации, необходимой для принятия управленческих решений. Из этого следует, что использование данных технологий, при наличии условий для них, является очень привлекательным.

Список литературы

1. Технология BIM: единая модель и связанные с этим заблуждения [Электронный ресурс]: Интернет-портал: Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. – Режим доступа : https://stroi.mos.ru/builder_science/tiekhnologhiiabim-iedinaia-modiel-i-sviazannyie-s-etimzabluzhdieniia

2. Зарипова, А.В. Применение BIM-технологий в строительстве: Россия и зарубежный опыт / А.В. Зарипова, А.Э. Хабибуллин // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 8-2 (85). – С. 1151-1156.

3. Национальный проект «Жилье и городская среда» Минстроя России во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

4. Федеральный проект «Цифровое строительство» во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 19 июля 2018 г. № 1235.

5. Ерошкина, Н. А. Использование BIM-технологии в проектировании и строительстве / М.О. Коровкин, Саденко С.М., Лавров И. Ю. [и др.] // Молодежный научный вестник. – 2019. – № 1 (38). – С. 127-131.

6. Проектирование с применением BIM технологий [Электронный ресурс]: Интернет-портал: Проектное бюро «ВЕЛЕС». – Режим доступа: https://www.bimtechnology.pro/koncepciiproektirovanija-s-primeneniem-bim

7. Дронов, Д. С. Проблемы внедрения BIM-технологий в России / Д. С. Дронов, Н. Р. Киметова, В. П. Ткаченко // Синергия наук. – 2017. – № 10. – С. 529-549.

Цифровая трансформация частного охранного предприятия: выбор АИС

М. А. Ильин, email: max-ilin2008@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. *в представленной ниже статье рассматривается понятие цифровой трансформации, применительно к частному охранному предприятию, осуществляется анализ рынка на предмет наличия ПО автоматизирующего его деятельность, и проводиться сравнение обнаруженных аналогов, с применением метода анализа иерархий Т. Саати.*

Ключевые слова: *цифровая трансформация, автоматизированные информационные системы, частное охранное предприятие, метод анализа иерархий.*

Введение

Эпоха цифровизации значительно повлияла на представление потребителей не только о форме и числе предоставляемых услуг, но и о их качестве, повышение которого тесно связанно с внедрением в бизнес-процессы организаций новых методологий производства и управления, неотъемлемой частью которых стали современные информационные технологии (ИТ). Более того, на данный момент, потребители всё больше интересуются сервисами и услугами не только управляемыми, но и реализованными современными технологиями, начиная с развлекательно-выставочных услуг, создаваемых за счёт применения медиатехнологий, завершая автоматизированными сервисами связанными с обработкой персональной информации, такими как: онлайн-банкинг, предоставляющий доступ к широкому спектру услуг, реализация которых до внедрения ИТ была возможно лишь при личном контакте с сотрудниками банка; или же онлайн сервисами государственных услуг, предоставление которых ранее требовало личного посещения потребителя.

Повышение клиентских ожиданий не обошло стороной и сферу оказания охранных услуг. Если ранее установка сигнализаций, средств автоматизированного учёта посещаемости охраняемых объектов и пультовая охрана были услугами предоставляемыми приоритетно крупными частными охранными предприятиями (ЧОП) для осуществления охраны наиболее важных клиентов (банков, крупных

© Ильин М. А., 2021

организаций и т.д.), то сейчас осуществление всех вышеперечисленные функций, в силу глобальной цифровой трансформации бизнеса, становятся доступным не только крупным охранным организациям но и средним, и даже малым. Вследствие этого осуществление услуг, ранее предоставляемых лишь в малом объёме, широкому кругу лиц становиться не столько преимуществом на современном рынке, сколько критерием конкурентоспособности ЧОП [1].

Трансформация всех сторон бизнеса, в том числе охранного, ориентированная на внедрения информационных технологий в как можно большее их число, или же цифровая трансформация, в последние десятилетия является важнейшим трендом развития любой организации. Среди наиболее значительных преимуществ, предлагаемых цифровизацией можно выделить следующие [2]:

1. оптимизация бизнес-процессов, достигаемая за счёт анализа и автоматизации рутинной деятельности;
2. повышение качества предоставляемых товаров и услуг, за счёт исключения фактора человеческой ошибки в процессе производства товара или оказания услуг;
3. возникновение новых источников дохода, связанных с обработкой, хранением и передачей информации осуществляемых АИС организации.

Как видно из выше представленного, задача цифровой трансформации ЧОП, за счёт внедрения АИС является в высокой степени актуальной в настоящий момент, характеризующийся высоким уровнем цифровизации всех сфер жизни общества.

2. Материалы и методы

Для осуществления выбора АИС, наиболее подходящей для автоматизации ЧОП, был проведён анализ рынка на предмет доступных альтернатив. В результате анализа были выделены следующие АИС:

– «Учет клиентов: Охранное предприятие» – программное обеспечение, предоставляемое производителем «Простой софт». Данное ПО предназначено для ускорения рутинных процессов связанных с оформлением договоров и ведению баз данных клиентов в сфере охранной деятельности. Особое внимание уделяется учёту объектов охраны и планирования охраной деятельности.

– «Автоматизация охранного предприятия» – программное обеспечение, предоставляемое производителем «Macro ERP», предназначенное для автоматизации планирования и управления деятельностью частного охранного предприятия. Обладает широким набором модулей автоматизации ведения административной деятельности, однако имеет сравнительно небольшой объём функций,

направленных на управление специфичными бизнес-процессами частного охранного предприятия

– «Программа для охраны» – программное обеспечение, предоставляемое производителем «Универсальные системы учёта». Данная АИС обладает четырьмя основными форматами работы: учёт охраной деятельности сотрудниками предприятия; учёт охраной деятельности с применением сигнализации; осуществление контроля посещаемости охраняемых объектов; осуществления контроля сотрудников организации.

– АИС «Управление подразделениями охраны» – программное обеспечение, предоставляемое производителем «Алгоритм качества». Данная АИС предназначена для автоматизации и контроля операционной деятельности частных охранных организаций, включающей в себя: организация охранно-постовой деятельности; контроль дежурных смен охраны и т.п. Также, организация «Алгоритм качества» предоставляет возможность использования даного программного обеспечения как сервиса в облачном варианте.

– СПО «Синергет» – программный продукт содержащий базовое серверное ПО распределенной системы безопасности (ОС Windows или Linux), использующий модульную структуру и реализующий все функции, используемые для проектирования и реализации комплексных, масштабируемых систем безопасности. Данный продукт, разработанный компанией «Стилсофт», обладает широким спектром сетевых возможностей, а также интуитивным и эргономичным пользоательским интерфейсом.

Для того, чтобы выбор искомой АИС был наиболее объективен, был использован методом анализа иерархий, реализованный посредством ПП SuperDecisions. В рамках указанного метода, целью была выбрана задача автоматизации ЧОП.

В качестве факторов поиска искомого решения были выбраны, на основании анализа предметной области, в том числе рынка программных продуктов, следующие 6 критериев (в программе SuperDecisions представлены сокращённые версии названий для возможности адекватного отображение матриц и результатов), на основе которых происходит сравнение предпочтительности альтернатив (Иерархическая структура выбора системы представлена в виде {Цель}-{Критерии}-{Альтернативы} на рисунке 1.) [3-4]:

– автоматизация учёта и планирования дежурно-постовой деятельности (сокращение: «Дежурно-постовая деятельность») – данный критерий оценивает реализацию информационной системой

функций управления и учёта работы сотрудников охранного агентства в рамках выполнения основного вида деятельности организации;

– автоматизация учёта объектов охраны (сокращение: «Объект охраны») – данный критерий оценивает качество ведения описания объектов охраны;

– работа через сеть Интернет (сокращение: «Интернет») – данный критерий позволяет сравнивать, насколько реализована в информационных системах поддержка работы посредством сети Интернет;

– автоматизация учёта датчиков на объектах (сокращение: «Датчики») – данный критерий показывает, в какой степени информационная система, относительно альтернативных систем, осуществляет взаимодействия с охранными датчиками, применяемыми охранной организацией;

– возможность интеграции с другими программными продуктами (сокращение: «Интеграция») – показывает сравнительный показатель интегрируемости информационной системы охранного предприятия, с информационными продуктами осуществляющими иные виды деятельности;

– автоматизация процесса формирования пропусков на охраняемые объекты (сокращение: «Пропуска») – критерий, позволяющий сравнивать возможности представленных альтернатив в автоматизации процессов связанных с формированием пропуска на охраняемый объект (формирование самого пропуска; сбор и хранение документов требуемых для его выдачи и т.д.).

В рамках применения метода анализа иерархий Т. Саати, на основании собранной информации об предметной области организации, требующей внедрения ИТ-решения, были выработаны следующие суждения отображающих степень влияния на конечный выбор используемых критериев. Матрица парных суждений представлена на рис 2. Оценка ведётся в соответствии со следующими суждениями [5-7]:

– автоматизация учёта и планирования дежурно-постовой деятельности и автоматизация учёта объектов охраны одинокого важны (1);

– работа через сеть Интернет незначительно важнее возможности интеграции с другими программными продуктами (3);

– автоматизация учёта объектов охраны незначительно важнее автоматизации процесса формирования пропусков на охраняемые объекты (3);

– автоматизация учёта датчиков на объектах, автоматизация процесса формирования пропусков на охраняемые объекты и работа через сеть Интернет одинокого важны (1) и др.;

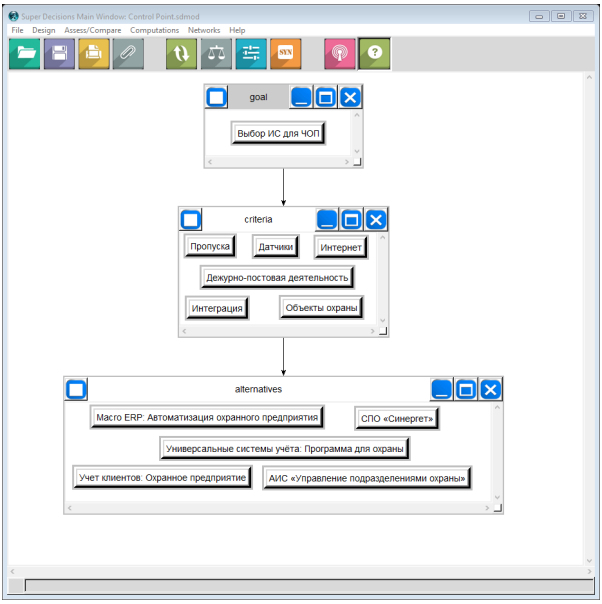


Рис. 1. Иерархическая структура выбора

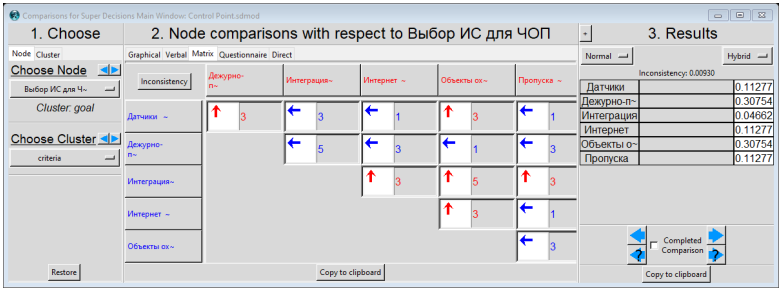


Рис. 2. матрица парных суждений оценки степени влияния критериев

3. Результаты

Из результатов проведённого исследования, представленных ниже на рис. 3 видно, что при указанных матрицах парных суждений для

критериев и альтернатив, наилучшей альтернативой для достижения поставленной цели является вариант «Универсальные системы учёта: Программа для охраны». Эффективность следующего варианта решения поставленной задачи – «АИС «Управление подразделениями охраны»» показывает себя хуже примерно на 22%. Оставшиеся альтернативы обладают эффективностью, составляющей меньше половины от лучшего решения.

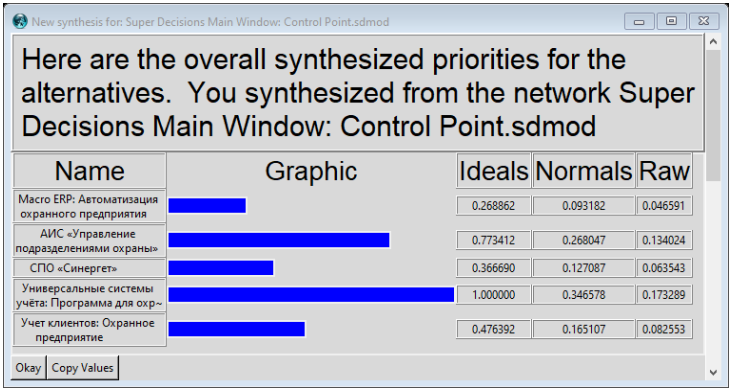


Рис. 3. Вектор приоритетов выбора ИС для частного охранного предприятия с указанием соотношения приоритетов альтернатив

4. Обсуждение

Цифровизация деятельности ЧОП, при условии использования обоснованных решений автоматизации деятельности, предоставляет организации множество позитивных возможностей, способствующих росту её производительности. Исходя из проведённого выше анализа, при внедрении указанной системы на предприятие, вероятны следующие благоприятные результаты:

Первой возможностью, реализуемой посредством внедрения АИС в ЧОП, является расширение спектра услуг оказываемых организаций. В частности, наиболее часто встречаемыми возможностями предоставляемыми путём внедрения АИС на ЧОП являются такие функции как:

– учёт датчиков и охранных сигнализаций, с возможностью выезда группы быстрого реагирования по сигналу «тревога» [8];

– автоматизация учёта посещаемости объекта охрана через интеграцию с автоматизированными проходными и др.

В качестве второй возможности, реализуемой путём внедрения АИС в предприятие, хотелось бы рассмотреть те изменения на предприятии, способствующие дальнейшему повышению доходности.

Главным изменением, в случае рассмотрения ЧОП, является внедрение, в процесс осуществления охранных мероприятий, возможности отслеживания присутствия сотрудников на рабочем месте в установленные правилами предприятия промежутки времени. Для организации, несущей полную материальную ответственность за объекты, переданные под её охрану, и в то же время чьи сотрудники не подпадают под Постановление Минтруда РФ от 31.12.2002 № 85 содержащее перечень работников, с которыми можно заключать договоры о полной материальной ответственности, крайне важно отслеживать неблагонадёжных сотрудников, с низким уровнем дисциплины, способной привести не только к судебным искам о некачественном предоставлении охранных услуг, но и требованиям о возмещении ущерба, в случае если по вине сотрудника было успешно осуществлено покушение на объект охраны. Внедрение системы, отслеживающей наличие охранников на постах, способно в значительной мере повысить уровень дисциплины среди персонала, снизив финансовые, и, что более важно для ЧОП, юридические и репутационные риски.

Не менее важным изменением можно считать общее ускорение всех бизнес-процессов на предприятии, при условии снижения фактора человеческой ошибки, достигаемое за счёт автоматизации бизнес-процессов. Следующее за этим повышение качества оказываемых услуг, должно не только способствовать сохранению имеющихся клиентов, но и привлекать новых.

Третьей, но не менее важной возможностью, реализуемой внедрением ИС, можно назвать общее повышение потенциала организации к дальнейшему развитию и расширению, как в информационном, так и в общем плане.

Из перечисленных изменений (пункт «вторая возможность»), влекомых внедрением АИС, можно утверждать о повышении уровня «престижа» организации, ведущего не только к увеличению количества реальных и потенциальных клиентов, но к увеличению количества соискателей на вакансии, открытые данной организацией. В совокупности эти факторы должны оказать серьёзное влияние на развитие предприятия, способствуя его расширению.

В то же время с информационной стороны, за счёт модульной структуры приобретаемого ПО, можно говорить о появлении у организации путей дальнейшего развития, связанных с наращиванием

функционала имеющегося программного продукта, за счёт приобретения существующих или заказа новых элементов.

Таким образом, за счёт внедрения АИС на ЧОП возможно получение множества положительных эффектов, носящих как экономический (доходы от внедрения), так и структурный, а также репутационный характер.

Следует отметить, что за счёт внедрения ИТ решений, функциональные возможности ЧОП увеличиваются вследствие чего становиться возможным оказания следующих услуг:

– учёт датчиков и охранных сигнализаций, с возможностью выезда группы быстрого реагирования по сигналу «тревога» – средняя стоимость услуги 3,5 тысяч рублей в месяц;

– приложение для клиентов, с предоставлением возможности просмотра сведений о состоянии датчиков охраны – средняя стоимость услуги 100 рублей в месяц;

Учитывая возрастающую популярность умных устройств, способных выступать в качестве датчиков охраны, рассмотрим предположительный прогноз чистого приведённого дохода на два года, с учётом предоставления новых услуг. Если рассматривать в качестве исходных инвестиций стоимость ПО (установка, техподдержка, а так же оплата услуг хостинга на два года включены в стоимость (в качестве примера взята стоимость комплекта ПО «Программа для охраны» от производителя «Универсальные системы учёта»)), равную 50 тысячам рублей то, при среднем числе клиентов ЧОП равного 20 и исходя из предположения что лишь одна десятая часть клиентов приобретут подобные услуги, при ставке дисконтирования 20%, итоговый NPV будет равен 82 тысячам рублей. Можно отметить, что даже с уменьшением числа клиентов, использующих данный сервис до одного, NPV за два года сохранит положительное значение, снизившись до 16 тысяч рублей. Таким образом, можно сказать, что с точки зрения чистого приведённого дохода, внедрение ИС можно считать оправданным.

Таким образом можно увидеть, что проект внедрения ИТ-решения в деятельность охранного предприятия имеет как экономическое, так и системное обоснование на осуществление.

Заключение

В заключении данной статьи хочется подчеркнуть основные достигнутые результаты.

Во-первых, была обоснована целесообразность внедрения АИС на ЧОП, достигаемая за счёт проявления таких позитивных эффектов как:

– расширение спектра услуг оказываемых организаций;

– структурная модернизация предприятия;

– повышение потенциала организации к дальнейшему развитию и расширению, как в информационном, так и в общем плане.

Во-вторых, был проведён анализ предметной области и рынка ПП, по результатам которого было найдено несколько доступных для внедрения на предприятие АИС. Далее, за счёт применения метода анализа иерархий, была выбрана наиболее подходящая альтернатива.

В-третьих. была проведена оценка эффективности внедрения выбранной АИС, продемонстрировавшая адекватность применяемого решения с точки зрения как экономического, так и системного обоснования.

Таким образом, можно сказать, что цель данного исследование, а именно поиск АИС для осуществления процесса цифровой трансформации деятельности ЧОП и обоснование полученных результатов была выполнена.

Список литературы

1. Мельникова А. В. Анализ деятельности пункта централизованного наблюдения частного охранного предприятия / А. В. Мельникова, Е. В. Бурцева / А. В. Мельникова, Е. В. Бурцева // «Студент. Аспирант. Исследователь». – 2019. – № 1. – С. 345-349.

2. Карлюк С. А. Автоматизация процессов управления договорами сервисной компании частного охранного предприятия "СТБ – ОХРАНА" / С. А. Карлюк // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных: сб. тр. II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Министерство образования и науки Российской Федерации (Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ) 2018) – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2018 – С. 532-534.

3. Баторов Б. А. Модель безопасного функционирования предприятия / Б. А. Баторов // «Охрана, Безопасность, Связь» – 2017. – № 1. – С. 73-80.

4. Сумароков Д. А. Аспекты стратегического планирования развития охранного предприятия / Д. А. Сумароков, В. С. Петриенко // Социально-экономические и правовые тенденции развития региона, сборник. 2017. – Ставрополь : Издательство «АГРУС», 2017 – С. 225-227.

5. Князев В.Н., Рамазанова С.А. Исследование автоматизированной системы охраны предприятия с использованием технологии имитационного моделирования / В. Н. Князев, С. А. Рамазанова // Молодежь в науке: новые аргументы, сборник

научных работ XII Международного молодежного конкурса. Ответственный редактор А.В. Горбенко. 2019. – Липецк: Научное партнерство "Аргумент" – С.76-64.

6. Рамазанова С. А. Вопросы разработки автоматизированной охранной системы предприятия / С. А. Рамазанова, М. В. Рамазанов, В. Н. Князев // Информационные технологии в науке и образовании. проблемы и перспективы, сборник статей по материалам VII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. Под редакцией Л.Р. Фионовой, 2020. – Пенза: Пензенский государственный университет. – С. 171-173.

7. Лобачев А. С. Современное состояние проблемы автоматизации деятельности охранного предприятия / А. С. Лобачев, А. А. Музалевская // Экосистема цифровой экономики: проблемы, реалии и перспективы, сборник научных трудов национальной научно-практической конференции; под редакцией Л.И. Малявкиной, 2018. – Орёл: Орловский государственный университет экономики и торговли. – С. 96-100.

8. Якубчук М. О. Разработка интеллектуальных охранных устройств оповещения о посетителях / М. О. Якубчук, Р. И. Мальчева // Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике – 2019. – №5. – С. 112-115.

Информационная поддержка деятельности, обучающихся в ВУЗе

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 определение состава электронного учебно-методического комплекса в учреждениях высшего профессионального образования.*

Ключевые слова: *учебно-методический комплекс, дидактические единицы.*

Введение

Основной идеей создания в учреждениях высшего профессионального образования методики современной электронной информационно-образовательной среды (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, то есть формирования информационной поддержки деятельности обучающихся в вузе.

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. Так, например, возросшая роль информационно емких фундаментальных наук, обеспечивающих конкретно-содержательные специальные знания, обусловила некоторое сокращение бюджета времени на изучение общепрофессиональных дисциплин. В то же время информационная емкость основных программ общепрофессиональных дисциплин высшего профессионального образования существенно возросла.

© Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О., 2021

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 ЭИОС существенно интенсифицируют образовательный процесс общепрофессионального цикла дисциплин, безусловно, требуют научно обоснованной организации умственного труда всех участников. Поэтому 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).

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 автоматизировнного учебныого 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, 6]:

- 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.

Заключение

Таким образом, 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.

Список литературы

1. Шрейдер Ю.А. Экспертные системы, их возможности в обучении // Вестник высш. шк.. – 1987. – № 2. – С. 14-19.
2. Шапиро Э.Л. Компоненты знаний и их соотношения в сферах интеллектуальной деятельности // Вестник высш. шк.. – 1990. – № 11. – С. 26-31.
3. Савельев А. Я. 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.
5. Лещенко Е.М. Теоретические основы проектирования интегрированной системы управления обучением: Монография / Е. М. Лещенко. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2004. 136 с.
6. 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.

Применение принципов BIM-технологии в компьютерном моделировании пожаров

О. С. Малютин, email: obsidian-pb@mail.ru [1]
Р. Ш. Хабибулин, email: kh-r@yandex.ru [2]

[1] ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
[2] ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

Аннотация. *В работе предложен подход к информационному моделированию пожара, основанный на принципах аналогичных принципам информационного моделирования зданий в рамках BIM-технологии.*

Ключевые слова: *Компьютерное моделирование, информационное моделирование, пожар, управление.*

Введение

В настоящее время в пожарной охране Российской Федерации используется большое количество различных подходов к учету боевых действий по тушению пожаров. Ряд различных документов по своему отражают одно и то же явление, что объясняется необходимостью отражения разных параметров пожара для разных целей. С одной стороны, это понятное стремление, продиктованное объективной необходимостью. С другой стороны, подобный подход приводит к отсутствию централизации, последовательности и связности описания пожара – фактически каждый отдельно взятый документ приходится составлять заново. Это влечет за собой потери времени и возможные сложности в интерпретации тех или иных сведений о пожарах. Кроме того, такой подход не позволяет использование информации иначе как в целях, для которых было составлено то или иное описание, и таким образом, для любых новых целей, будь то управленческие, учебные или исследовательские, которые могут возникать в процессе работы приходится создавать новые описания, отражающие пожар с требуемой стороны.

Разрешить эту проблему могло бы создание информационной системы компьютерного моделирования пожара как комплекса сведений о его развитии и ходе тушения, позволяющей централизовать информацию в виде унифицированных компьютерных моделей широкого спектра применения.

© Малютин О.С., Хабибулин Р.Ш., 2021

Опыт создания подобных систем в архитектурном проектировании за рубежом доказал свою эффективность и перспективность применения. Фактически, во многих европейских странах системы компьютерного моделирования, основанные на технологии BIM (Building Informational Model – информационная модель здания) являются стандартом архитектурного и строительного проектирования.

В настоящее время BIM является одним из самых востребованных подходов в архитектурном проектировании [1]. 11 июня 2016 года был утверждён перечень поручений, обеспечивающих создание правовой базы использования информационного моделирования зданий в строительстве в России [2].

Принципы сформулированные в основе BIM и их приложение к компьютерному моделированию пожаров и рассматриваются в данном докладе.

1. Информационное моделирование зданий и его основные принципы

В основе информационного моделирования здания лежит идея создания единого универсального источника данных, с которым могли бы одновременно работать все участники проекта – архитекторы, менеджеры, снабженцы, строители и т.д. Такой источник данных позволяет каждому участнику получать доступ к информации в рамках правил и ограничений своей роли.

В 2002 году компания Autodesk опубликовала бизнес-документ [3], ставший фактически меморандумом, объявлявшим основные принципы BIM-моделирования:

– Digital database. Проект должен представлять собой электронную базу данных об элементах здания.

– Change Management. Должна реализовываться система управления изменениями.

– Reuse of Information. Информация модели должна быть применима для различных сфер деятельности (применительно к строительству – архитектурное проектирование, составление смет расходов, планирование работ, логистика и т.д. в зависимости от конкретного объекта).

Компания Autodesk стала первой объявившей о полном переходе своего программного обеспечения на BIM-технологии. Позже к ней присоединилось большое количество других компаний, занимавшихся разработкой программного обеспечения для сферы архитектуры и строительства.

2. Пожар как система информационных объектов

С точки зрения профессионального руководителя в системе пожарной безопасности, пожар – явление сложное и комплексное, включающее в себя большое количество различных факторов и требующее пристального изучения и анализа с целью повышения эффективности борьбы с ним. С этой целью формируется сложная система сбора, обработки и анализа информации о пожарах включающая в себя значительное количество различных инструментов и затрагивающая не только непосредственно реагирующие подразделения, но и многие другие организационные структуры, такие как государственный пожарный надзор, учебные и научные организации и органы управления.

Пожар происходит на определенной территории и затрагивает некоторый объект пожара. Это довольно обширное понятие, включающее в себя:

– горючие вещества, вовлеченные в процесс горения или просто присутствующие в непосредственной близости к зоне горения (далее – Горючей нагрузки);

– строительные и ограждающие конструкции, механизмы, инженерные сооружения, не участвующие непосредственно в горении, но оказывающие влияние на развитие пожара и ход его тушения.

Пожар имеет некоторый жизненный цикл, как правило начинающийся с момента его возникновения и заканчивающийся в момент возвращения пожарных подразделений. На рис. 1 представлены основные стадии жизненного цикла пожара.

Пожар можно рассматривать как динамическую или статическую систему. Как правило, второй вариант является предпочтительным, и тогда пожар рассматривается как совокупность состояния всех элементов системы в определенный момент времени (далее – обстановка на месте пожара).

На рис. 2 представлены основные подсистемы системы тушения пожара.

Из сказанного выше видно, что пожар как системное явление состоит из множества различных объектов. Информация об этих объектах а так же результаты ее обработки представляются в различных комбинациях в виде служебных документов пожарной охраны (или других органов):

– Журнал пункта связи части;
– Донесение о пожаре;
– Карточка боевых действий подразделений пожарной охраны;
– Описание действий по тушению пожара;

– Карточка учета пожара и др.

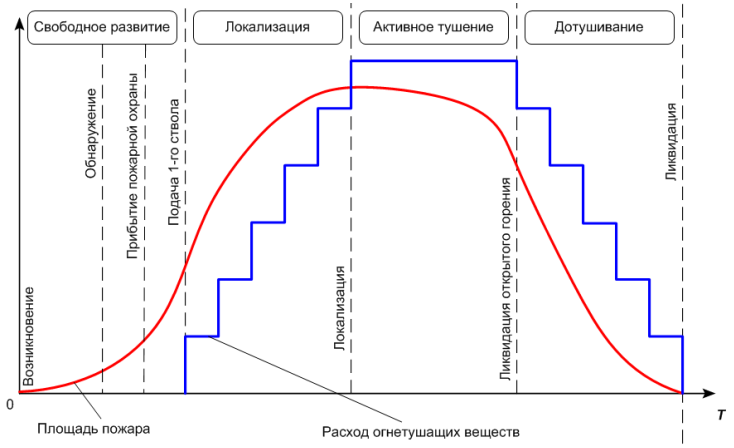


Рис. 1. Жизненный цикл системы тушения пожара



Рис. 2. Основные подсистемы системы тушения пожара

В настоящее время формирование этих документов ведется обособленно. Наследственная связь информации в этих документах присутствует только в процессе составления и поэтому в случае, если

уже после составления были внесены какие-либо изменения, зачастую могут возникать противоречия в содержимом документов. Фактически единый универсальный источник данных о пожаре отсутствует.

3. Информационное моделирование пожаров с использованием принципов BIM

Исходя из парадигмы информационного моделирования положенной в основу технологии BIM, в контексте тушения пожаров, в качестве централизованного источника данных следует использовать модель пожара. И далее, проводя аналогию с BIM, следует дать определение данному термину. Модель пожара – это информационная модель, объединяющая весь комплекс сведений связанных с пожаром, хранящихся в виде единого источника формализованных и структурированных по единым правилам данных.

Согласно принципам BIM, пожар должен быть представлен в виде некоторой информационной модели включающей в себя все аспекты его развития и тушения. Для обеспечения целостности информации и эффективной работы с ней необходимо разработать систему управления изменениями данных, а так же систему распределения ролей пользователей. Информационная модель пожара должна быть применима не только для задач описанных в данном докладе – она должна быть применима и к другим аспектам деятельности пожарной охраны, например в учебном процессе или при создании документов предварительного планирования боевых действий по тушению пожаров. Так же информационная модель в силу связи со строительством должна иметь возможность создания связи с BIM проектами.

В информационной модели должны быть отражены элементы всех трех подсистем пожара.

Поскольку информационная модель пожара является компьютерной моделью, то должно быть разработано соответствующее специальное программное обеспечение для работы с ней.

Порядок работы с информационной моделью пожара может выглядеть следующим образом:

1. Диспетчер пожарного подразделения, приняв вызов с использованием специального программного обеспечения создает новую модель, содержащую базовые сведения – адрес объекта и сведения о заявителе. При наличии базы данных информационных моделей объектов в районе выезда, сведения об объекте могут быть добавлены в новую модель автоматически.

2. После выполнения процедур высылки подразделений, диспетчер, ведя радиообмен и выполняя прочие действия в соответствии с должностной инструкцией, заполняет основные сведения о ходе

тушения пожара. В это же время, доступ к модели получают непосредственные участники тушения на месте пожара и органы управления гарнизоном пожарной охраны. Участники тушения пожара на данном этапе в большей степени используют модель в качестве источника оперативной информации. Органы управления могут так же вносить дополнительные сведения и редактировать уже внесенную информацию, как звено управления более высокого ранга.

3. По завершении тушения пожара осуществляется проверка и подтверждение модели. В данном процессе участвуют в большей степени руководители – начальник караула пожарной части, сотрудники органов управления гарнизона.

4. Модель добавляется в единую базу данных информационных моделей о пожарах.

5. В дальнейшем полученная модель используется в качестве источника данных о ходе развития и тушения пожара. С моделью работают различные пользователи в соответствии со своими должностями и ролями.

На рис. Рис. 3. представлен пример информационных потоков информационной модели пожара.

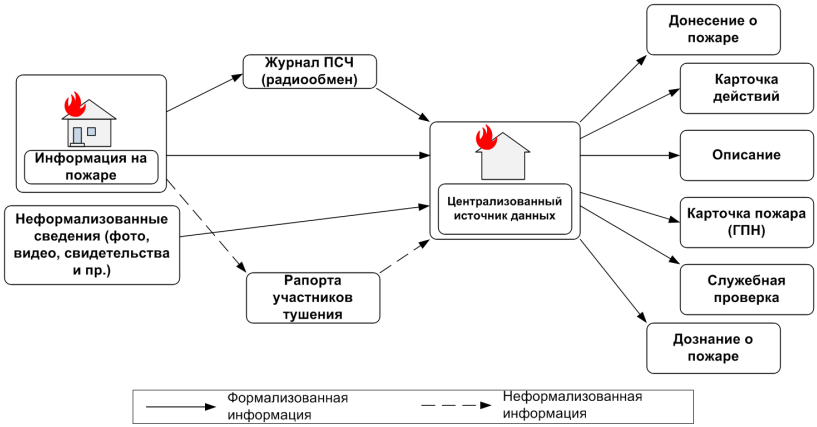


Рис. 3. Возможная реализация работы с информационной моделью пожара

Заключение

Создание подхода к фиксации информации о пожарах, при котором вся информация хранилась бы в некотором унифицированном, централизованном, едином для всех подразделений пожарной охраны,

пригодном для произвольного изучения в различных целях виде, могло бы поспособствовать совершенствованию системы управления пожарными подразделениями. На данный момент ведется работа по созданию прототипа специального программного обеспечения реализующего идеи BIM применительно к рассмотренным задачам.

Список литературы

1. Eastman, Chuck; Tiecholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston, Kathleen. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2nd ed.).. – Hoboken, New Jersey: John Wiley. – 2011.

2. Перечень поручений по итогам заседания Государственного совета, состоявшегося 17 мая 2016 года. – [Электронный документ]. – Режим доступа : http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/52154. – Дата обращения: 28.07.2020.

3. Autodesk (2002). Building Information Modeling. San Rafael, CA, Autodesk, Inc (PDF). laiserin.com.

4. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «О пожарной безопасности».

5. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Детализация изображений на рентгеновских снимках с помощью плавающего порога бинаризации

М. А. Принев, email: metshislav@rambler.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Аннотация. В данной работе рассматривается возможность использования метода сегментации зашумленных изображений с плавающим порогом бинаризации для детализации изображения и визуализации областей, имеющих отклонения от нормы, на рентгеновских снимках.*

Ключевые слова: *бинаризация изображений, плавающий порог бинаризации, рентгеновские снимки, диагностика поражения легких.*

Введение

В настоящее время в условиях пандемии нового коронавируса актуальным вопросом является своевременная качественная диагностика состояния легких пациента. Наиболее информативным методом такой диагностики является компьютерная томография, позволяющая послойно исследовать внутреннее строение легких и выявить степень и локализацию их поражения [1]. Однако компьютерная томография является дорогостоящим методом исследования. Для диагностики состояния легких также используется рентгенография, но точно диагностировать патологические изменения в легких пациента на рентгеновских снимках и при помощи флюорографического исследования гораздо сложнее. Поэтому использование компьютерных технологий является очень актуальным для повышения точности и оперативности диагностики состояния легких пациента. В настоящее время разработаны нейросети, позволяющие автоматически выявлять патологическое состояние легких [5], однако, до повсеместного использования таких технологий еще очень далеко. Одним из возможных решений проблемы является использование метода сегментации зашумленных изображений с плавающим порогом бинаризации для визуализации областей, имеющих отклонения от нормы, на рентгеновских снимках, что позволит провести более точную диагностику, не прибегая к компьютерной томографии.

© Принев М. А., 2021

1. Метод сегментации зашумленных изображений с плавающим порогом бинаризации

Метод сегментации зашумленных изображений с плавающим порогом бинаризации, разработанный автором, используется при решении задач, связанных с использованием компьютерного зрения в программном обеспечении SmartWall для создания интерактивных неэлектронных поверхностей и гаджетов [3, 4]. Сегментация является одним из основных элементов работы автоматизированной системы технического зрения, т.к. именно на этой стадии обработки объекты выделяются из сцены для дальнейшего распознавания и анализа [2]. Сущность метода заключается в том, что порог бинаризации не определяется, как значение яркости пикселя, удовлетворяющее каким-либо условиям, а весь процесс бинаризации осуществляется посредством постоянного нарастания значения яркости пикселя, до тех пор, пока программа не сможет сегментировать заданное изображение, после этого изменение порога прекращается и фиксируется требуемое для данного изображения значение порога бинаризации, позволяющее сегментировать на нем нужную область.

Именно этот принцип работы метода позволяет в процессе плавающего нарастания порога бинаризации визуализировать на рентгеновских снимках области поражения легких с нужной точностью, если изменение порога бинаризации будет осуществляться вручную. Для решения этой задачи было разработано компьютерное приложение, позволяющее бинаризировать до нужной точности изображение, полученное с помощью видео-захвата или загруженное пользователем.

2. Использование плавающего порога бинаризации для детализации рентгеновских снимков на примерах работы приложения

Рассмотрим примеры работы приложения. На рис.1 приведен пример плавающей бинаризации при обработке рентгеновского снимка здоровых легких и расположенного под ним снимка пораженных легких. На примере приведены изображения, полученные при пороге бинаризации, равном пятидесяти и ста тридцати.

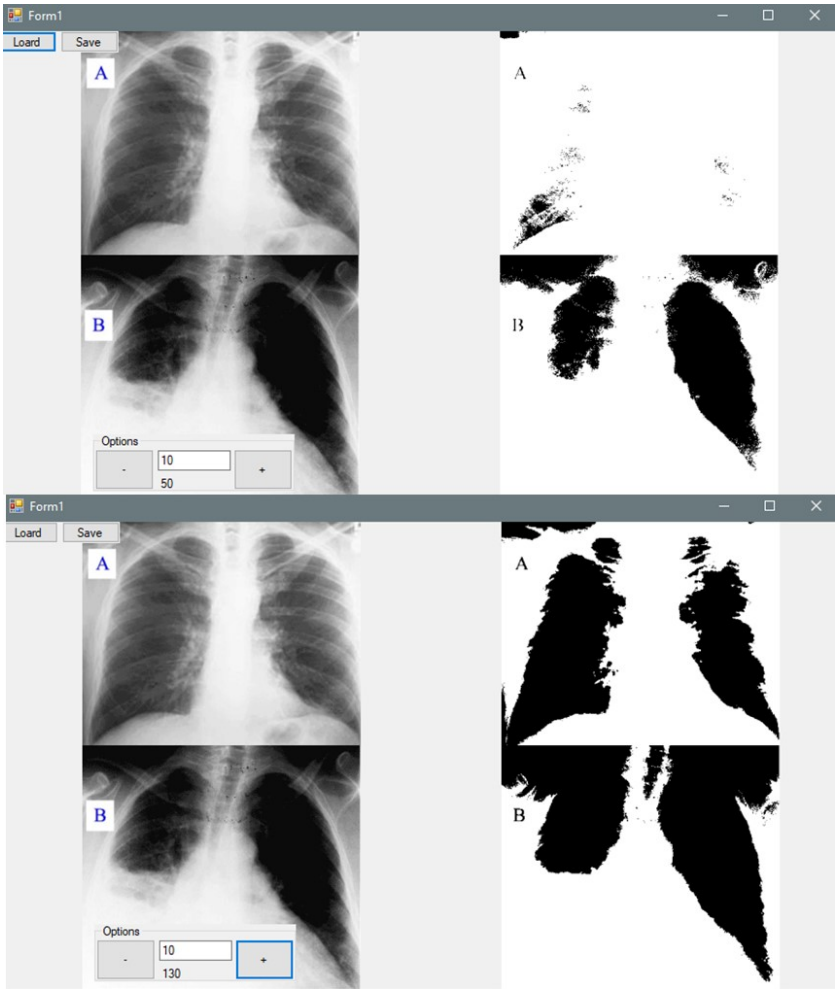


Рис. 1. Результат сегментации рентгеновских снимков с плавающим порогом бинаризации

На рис. 2 представлена бинаризация рентгеновского снимка легких, пораженных коронавирусом. Приложение позволяет сохранить бинаризированное изображение в высоком качестве. Так как исходное изображение бинаризируется попиксельно, то сохраненное изображение позволяет подробно рассмотреть необходимую область, чтобы провести точную диагностику.

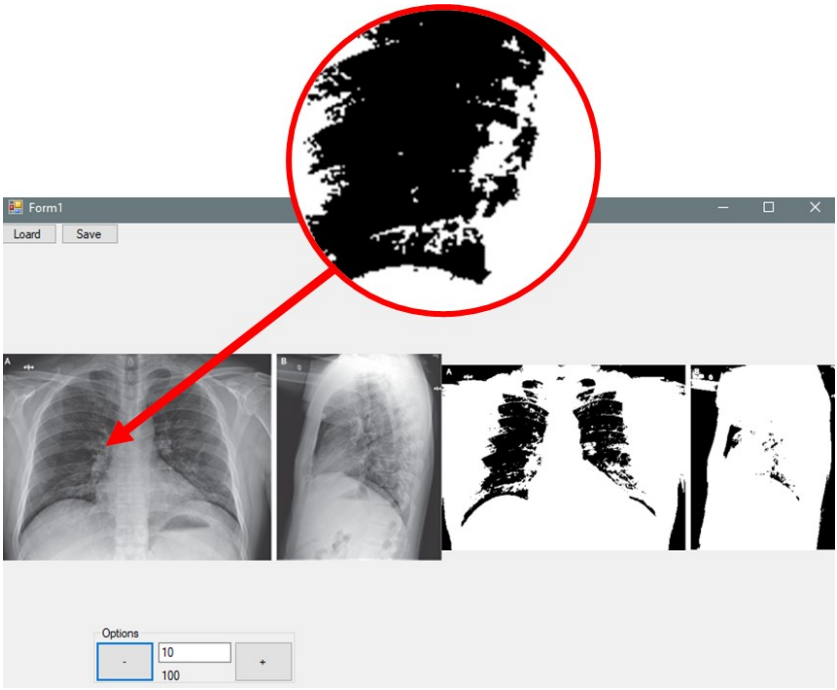


Рис. 2. Бинаризация рентгеновского снимка легких, пораженных коронавирусом

3. Основные технико-эксплуатационные показатели и преимущества приложения

Преимуществами предлагаемого решения являются простота и легкость установки приложения. Приложение написано на языке программирования C# в среде Visual Studio 2013, для корректной работы программ необходима версия .NET Framework 4.5. Для работы приложения необходим компьютер ОС Windows, веб-камера (разрешение: 1280x720; максимальная частота кадров: 30 Гц). Технические параметры программного продукта: быстродействие 0,1–1 с; объем памяти процессора, занимаемый приложением 60–75 МБ.

Заключение

Использование метода сегментации зашумленных изображений с плавающим порогом бинаризации для детализации рентгеновских снимков сможет обеспечить более точную диагностику поражения легких при отсутствии возможности провести процедуру компьютерной

томографии. Медицинский специалист сможет более детально рассмотреть изображение, а также детализировать различные области снимка на бинаризированном изображении высокого разрешения с подобранным порогом бинаризации, оптимально подобранным для каждого конкретного случая.

В дальнейшем планируется совместная работа с медицинскими сотрудниками, получение экспертного заключения и оптимизация приложения в соответствии с полученными запросами.

Список литературы

1. Календер, В. Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования / В. Календер ; Техносфера – Москва, 2010. – 344 с.

2. Тропченко, А.Ю. Методы вторичной обработки изображений и распознавания объектов. Учебное пособие / А. Ю. Тропченко – СПб: СПбГУ ИТМО, 2012. – 52 с.

3. Принев М.А. Программный комплекс SmartWall для создания интерактивных поверхностей и гаджетов / М.А. Принев. // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб – матер. XVIII международной научной конференции: в 7 т., под ред. Н.А. Тюкачева, Воронеж, Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2018. – Т.4. – С. 194-198.

4. Свид. 2018611550 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. SmartWall / М. А. Принев; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (RU). – №2017662835; заявл. 11.12.17; опубл. 02.02.18, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

5. Нейросеть научили определять коронавирус по снимкам компьютерной томографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.m24.ru/news/tehnologii/30102020/139415

Блок-схемы алгоритмов для автоматизации создания плана декомпрессионного погружения

Н. С. Сковпин, email: kolehandro@gmail.com
М. В. Паринов, email: parmax@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Аннотация. *В данной работе описаны математические алгоритмы декомпрессии при осуществлении погружений на различную глубину. В работе обоснована актуальность проводимой работы, а также описана актуальность исследований и работ в рамках декомпрессионных погружений и построении профилей декомпрессионных погружений в целом. В работе демонстрируются созданные блок-схемы алгоритмов, использующихся для создания профилей погружения. Описаны шаги создания собственной программной реализации алгоритма декомпрессии. Даны рекомендации по созданию объектной структуры в объектно-ориентированном программировании.*

Ключевые слова: *градиент-фактор, декомпрессия, Бульман, алгоритм, блок-схема.*

Введение

В данной работе рассматриваются и анализируются модели и методы декомпрессии при погружении человека в легководолазном снаряжении. Классическим примером является водолаз [1]. Основная цель данной работы состоит в том, чтобы описать и построить блок-схемы алгоритма создания плана погружения для осуществления декомпрессионного подводного погружения. На основе созданных блок-схем инженер программист может быстро и эффективно написать собственную программную реализацию алгоритма декомпрессии, модифицировать существующий алгоритм декомпрессии, создать сервисы, предоставляющие услуги планирования будущего погружения, автоматизировать ручное построение планов погружения.

Актуальность данной работы заключается в том, что водолаз, совершая подводное погружение, каждый раз рискует получить декомпрессионную болезнь. С популяризацией таких спортивных дисциплин, как дайвинг, снорклинг, возрастает потребность в освещении тематики данной работы среди большего круга людей. С созданием блок-схем алгоритмов планирования подводных погружений

© Сковпин Н. С., Паринов М. В., 2021

открывается возможность создания более эффективных и надежных моделей декомпрессионных погружений. Данные действия необходимы для минимизации риска заболевания декомпрессионной болезнью, а может и совсем свести данный риск к нулю.

1. Теория декомпрессии

Родоначальником классической теории декомпрессии принято считать шотландского физиолога Джона Скотта Халдейна. Халдейн создал первую математическую модель декомпрессии, в которой предложил, что тело водолаза представляется набором тканевых компартментов, каждый из которых насыщается газом и рассыщается с определенной скоростью.

Результаты исследований, проведенные доктором Альбертом Бульманом и опубликованные в 1983 году в книге «Декомпрессия – Декомпрессионная болезнь», по праву считаются самой полной работой в данной области. Бульман отказывается от устаревшего представления перенасыщения и вводит особую функцию – М-оценку (М от англ. maximum), характеризующую максимально допустимое парциальное напряжение инертного газа (то, при котором не происходит образование пузырей) для определенного компартмента на определенной глубине [2]. В основе большинства современных подводных компьютеров лежит алгоритм Бульмана. Существуют различные модификации данного алгоритма: ZH-L8 ADT, ZH-L16 A, ZH-L16 B, ZH-L16 C. Аббревиатура ZH означает, что алгоритм создан в Цюрихе, L8 – расчёт восьми основных групп тканей, L16 – шестнадцати групп тканей или компартментов.

Популярным дополнением алгоритма Бульмана является метод Градиент-фактор, дающий водолазам возможность настраивать консерватизм базовой модели Бульмана. Градиент-фактор – это десятичная дробь от градиента М-значения [3].

2. Блок-схемы алгоритмов

Продемонстрируем и опишем блок-схемы алгоритма создания профилей подводных погружений на основе метода Градиент-фактор.

Первая блок-схема – это алгоритм определения текущего давления в компартменте по формуле Шрейнера. Так как кислород оказывает минимальное влияние на образование пузырьков в теле водолаза при декомпрессии, то давление в компартменте – это суммарное давление гелия и азота. Продемонстрируем данный алгоритм на рисунке ниже.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма определения текущего давления в компартменте

Следующая блок-схема – это алгоритм определения максимального давления (потолка) инертных газов в компартменте. Данный алгоритм использует построенные Бульманом таблицы и формулу для определения максимального давления в компартменте. На основе данного алгоритма определяется максимальная глубина, на которую может подняться водолаз без декомпрессионного обязательства. Данный алгоритм показывает, на какой глубине водолазу необходимо осуществить декомпрессионную остановку, чтобы компартменты рассытились. Данная блок-схема представлена на рисунке ниже.

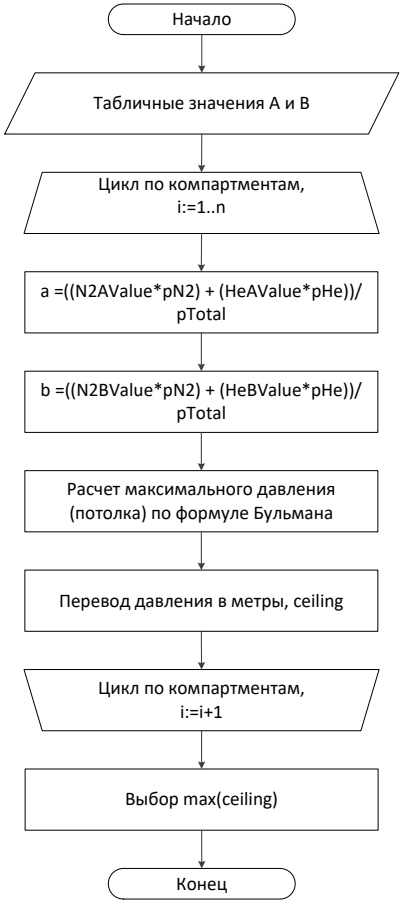


Рис. 2. Блок-схема определения потолка всплытия

Последняя блок-схема – это алгоритм построения плана декомпрессионного погружения. Данный алгоритм использует блок-схемы описанные выше, вызывая их в качестве внешних процедур. Алгоритм последовательно определяет декомпрессионные остановки для водолаза, учитывая давление инертного газа в компартментах. Блок-схема алгоритма представлена на двух рисунках ниже.



Рис. 3. Первая часть блок-схемы алгоритма построения плана погружения

Первая часть блок-схемы построения плана погружения состоит из подготовительных шагов и ввода входных параметров алгоритма. С помощью него также определяются значения градиент-фактора и глубина первой остановки при всплытии.

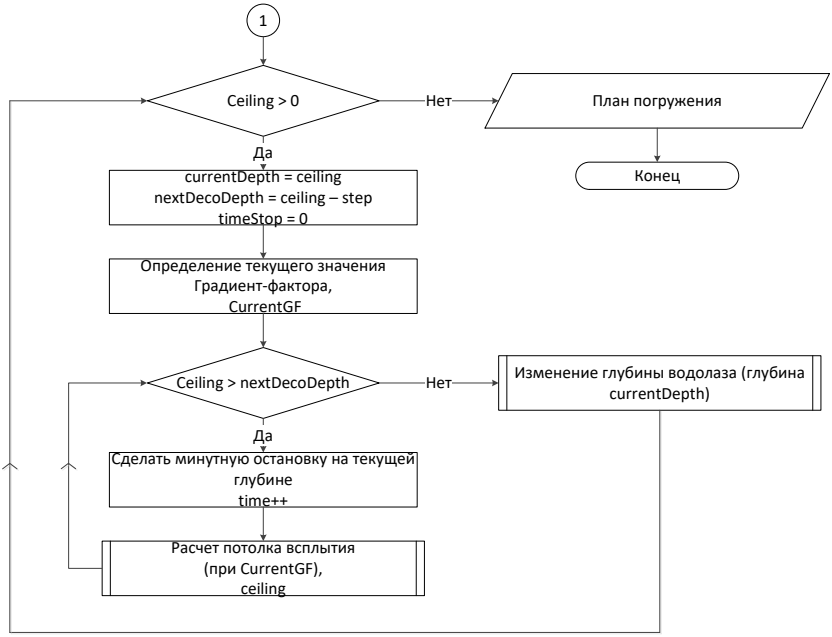


Рис. 4. Продолжение блок-схемы алгоритма построения плана погружения

Представленные блок-схемы могут быть реализованы на любом языке программирования. Рекомендуется создать отдельные функции под каждый алгоритм. Если реализация алгоритма будет создаваться в рамках объектно-ориентированного программирования, то рекомендуется выделить следующие объекты:

2. План погружения (Plan). Данный класс является основным и содержит в себе табличные значения Бульмана, массив тканей (компартментов), массив газов, массив сегментов.

3. Сегменты (Segments). Данный класс описывает начальную, конечную глубину отрезка подводного погружения, время данного отрезка и использующийся газ.

4. Ткани (Tissue). Данный класс описывает компартмент Бульмана и содержит в себе следующую информацию: период полунасыщения, давление азота, давление гелия, суммарное давление в компартменте.

5. Газ (Gas). Данный класс описывает используемый при погружении газ. Класс содержит в себе такую информацию: название газа, концентрация кислорода, концентрация гелия, концентрация азота.

6. Утилиты (Utils). Класс, содержащий основные физические формулы.

Заключение

В работе описана актуальность исследований в области декомпрессионных погружений.

Выделены основы теории декомпрессии в историческом разрезе.

Построены блок-схемы алгоритмов создания плана погружения. Описанные шаги для построения профилей погружений позволят создавать различные программные реализации данного алгоритма, что в будущем позволит повысить эффективность моделей декомпрессионных погружений, позволит создать улучшенные модификации существующих алгоритмов, автоматизировать процесс построения профилей подводных погружений.

Список литературы

1. Паринов М. В. Математическое моделирование декомпрессии на базе градиент-факторных алгоритмов с использованием анализа данных на вычислительном кластере / М. В. Паринов, Н. С. Сковпин // Успехи современной науки. – 2017. – № 7. – С. 101-106.

2. Лоске А. Основы физики подводного плавания / А. Лоске // Международный журнал спортивной науки. – 2013. – С. 37-45.

3. Сковпин Н. С. Актуальность исследований в области декомпрессионных погружений / Н. С. Сковпин, М. В. Паринов. // Теоретические и практические аспекты развития современной науки. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки». – Уфа, 2019. – С. 19-23.

Адаптация web клиента plm системы Teamcenter для мобильных устройств

В. В. Сокольников, e-mail: svp_kitp@mail.ru
О. В. Собенина, e-mail: sobenina36@mail.ru
Н. В. Сафронова, e-mail: safnava@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Аннотация. *Сегодня у каждого есть в кармане мобильный телефон, а в нем мобильный браузер. Люди постоянно пользуются им в метро, на улицах и других местах, подчас самых неожиданных. Именно поэтому крайне важно сделать сайт удобным для посещения с мобильных устройств. Это касается всех областей, где есть необходимость разработки веб сайтов. Не является исключением и промышленная сфера. Предметом нашего исследования является plm система Teamcenter. Исторически сложилось, что она применяется в аэрокосмической отрасли. Teamcenter позволяет работать над проектом всем составом предприятия, а также привлекать сторонних специалистов.*

Ключевые слова: *plm система Teamcenter, система адаптации web клиента, алгоритм сегментации.*

Введение

Доступ в Интернет с использованием мобильных карманных устройств превзошел доступ к Интернету с настольных ПК, но большинство веб-страниц предназначены для настольных браузеров. У мобильных устройств есть ограничения по ресурсам. Следовательно, веб-страницы, предназначенные для просмотра на компьютере, не могут хорошо отображаться на мобильных устройствах. Таким образом, динамическое преобразование веб-содержимого, предназначенного для настольных компьютеров, в содержимое, которое может отображаться на мобильном устройстве, является важной задачей. Для достижения этой цели уже были предложены различные подходы к адаптации контента, но ни одна стратегия адаптации контента не оказалась эффективной.

Предлагаемая основа для системы адаптации промышленного содержания, которую можно беспрепятственно использовать с настольными компьютерами и мобильными устройствами. Предполагается комбинирование несколько стратегий адаптации

© Сокольников В. В., Собенина О. В., Сафронова Н. В., 2021

контента, чтобы сделать контент электронного обучения подходящим для мобильных устройств. Среди различных стратегий адаптации контента наиболее важную роль играет алгоритм сегментации. Эксперименты показывают, что предложенная схема может быть успешно использована для адаптации контента в мобильных и карманных устройствах.

Исходное веб-содержимое обычно разрабатывается с учетом конкретной платформы и, следовательно, состоит из множества медиаобъектов со сложной структурой и макетом, тем самым обогащая веб-документы в отношении формата, содержимого и стиля. В нынешней ситуации веб-контент в основном создается для доступа с настольных компьютеров. Возможности этих устройств с точки зрения операционных платформ, размера экрана, разрешений, поддерживаемых медиаформатов, средств ввода и вывода, вычислительной мощности становятся все более разнообразными.

В мобильных устройствах есть ограниченный размер экрана, емкость аккумулятора, средства ввода и вывода, пропускная способность сети, возможности обработки и хранения. Острое ограничение ресурсов мобильных устройств усугубляет неприятный опыт просмотра веб-страниц для пользователей. Более того, проблема доступа к всемирной паутине с помощью мобильного устройства еще больше усложняется из-за значительного разнообразия среди различных категорий мобильных устройств (мобильных телефонов, КПК, планшетов, ноутбуков и т. д.). Кроме того, в беспроводной и мобильной среде подключение может быть неоднородным и уязвимым. Кроме того, каждое портативное устройство не может воспроизводить все типы мультимедиа. Например, некоторые iPhone в настоящее время поддерживают форматы MPEG-4, H.264 и M-IPEG. Но обычное мобильное устройство не может воспроизводить видео плавно. Следовательно, для некоторых широко используемых форматов воспроизведения видео, таких как FLV и MKV, потребуются дополнительные проигрыватели или преобразование формата, прежде чем их можно будет воспроизвести на iPhone. Это часто приводит к дезорганизации информации, когда контент доставляется напрямую на портативные устройства без каких-либо корректировок.

В настоящее время многие производители промышленного ПО, предлагают веб клиенты для своих продуктов, которые можно легко просматривать на настольных компьютерах, но не так легко получить доступ через мобильные портативные устройства, такие как смартфоны, мобильные телефоны, iPhone или КПК. Кроме того, такое содержание веб клиента может не поддерживаться мобильными устройствами под

управлением разных операционных систем (Android, iOS, Windows Mobile, Symbian) и поддерживающими разные языки разметки (XHTML, cHTML или WML). Следовательно, возникает необходимость преобразовать контент в формат, подходящий для мобильных портативных устройств.

1. Стратегия адаптации контента

Адаптация контента генерирует несколько представлений одного и того же контента в соответствии со свойствами оконечного устройства, которое используется для доступа к этому контенту. Но визуальный веб-контент неявно содержит некоторую информацию, которая затрудняет динамическую адаптацию макетов контента и может привести к потере информации и нечитаемым результатам.

Наибольшие трудности для стратегий адаптации контента связаны с особенностями устройства. Основные проблемы возникают из-за:

1) различных размеров экрана;
2) методы ввода и вывода разнообразны;
3) устройства ограничены в ресурсах, а сетевое соединение уязвимо;
4) макеты разнообразны;
5) количество поддерживаемых языков и форматов огромно.

Наиболее важные аспекты, которые могут повлиять на адаптацию контента, – это размер экрана и методы работы. Поскольку размер экрана мобильных устройств намного меньше, чем у ПК, пользователям требуется повторяющаяся прокрутка для поиска нужного контента. Но из-за отсутствия надежного рабочего оборудования, такого как клавиатура и мышь, трудно просматривать веб-контент с помощью мобильного устройства.

Предложенная стратегия адаптации в основном подразделяются на три типа адаптационных процессов.

1. Обеспечение архитектуры / фреймворка.
2. Адаптация с одним столбцом: для адаптации содержимого к структуре с одним столбцом.
3. Адаптация содержимого веб-страницы в соответствии с возможностями устройства.



Рисунок. Компоненты системы

Предложено промежуточное ПО, которое интеллектуально преобразует контент для мобильных и карманных устройств. Например, изображения на веб-страницах могут передаваться с более низким разрешением для экономии энергии, сокращения времени загрузки и снижения потребления полосы пропускания. Расположение объектов на веб-сайте можно изменить для отображения на меньшем экране. Размер крупных объектов также можно уменьшить. Тем не менее, основной проблемой при разработке такого промежуточного программного обеспечения является определение подходящей адаптации. Это сложная проблема, поскольку наиболее подходящая адаптация в основном определяется контекстом пользователя (возможностями устройства пользователя и сетями), а также семантикой использования контента. Данные, отображаемые на разных портативных устройствах, должны зависеть от возможностей этих устройств и других факторов, таких как сетевое соединение. Все эти факторы вместе обычно называют контекстом. Контекстно-зависимые системы предоставляют пользователям контекстно-зависимую информацию и адаптируются к изменениям контекста.

2. Системный поток данных

1. Клиент запрашивает веб клиент plm системы Teamcenter с помощью мобильного браузера, вводя URL-адрес веб-сервера на прокси-сервер.

2. Прокси-сервер получает HTTP-запрос клиента. Среди различных полей HTTP-запроса прокси-сервер извлекает значения полей REQUEST URI и HTTP USER AGENT.

3. Прокси-сервер загружает документ с веб-сервера.

4. Строка HTTP USER AGENT отправляется в репозиторий описаний устройств (DDR), например, WURFL. Это программный компонент, в котором профиль HTTP-клиента (настольный компьютер, мобильное устройство, планшет и т. д.) Сопоставляется с заголовками HTTP-запросов.

5. Репозиторий описания устройств поддерживает настраиваемую XML-схему для представления профилей устройств в формате XML и содержит определение и описание возможностей тысяч устройств. Используя только строку HTTP USER AGENT, он может идентифицировать различные возможности клиентского устройства, отправившего HTTP-запрос.

Заключение

С развитием технологий беспроводной связи и информационных технологий становится все более важным предоставить мобильным пользователям быстрый, удобный, экономичный, персонализированный и яркий способ просмотра веб-сайтов.

В данной работе предлагается схема адаптации веб-страницы для мобильного устройства с маленьким экраном, приводится схема проектирования и реализуется прототип системы. Схема полностью использует структуру DOM веб-страницы, устанавливает набор правил, включая очистку веб-страницы, блокировку веб-страниц и адаптацию веб-страниц.

Результаты эксперимента показывают, что схема полезна и практична. Схема может предоставить новый персонализированный метод беспроводного доступа в Интернет с более быстрой и низкой стоимостью. По сравнению с существующим методом веб-доступа к мобильному устройству с маленьким экраном, наша схема обеспечивает следующие три преимущества:

1) Не требует текущей модификации веб-сайта на существующих веб-страницах;

2) Скорость доступа к WEB-страницам повышается, потому что схема адаптирует те ненужные блоки WEB-страницы, которые пользователю все равно;

3) Уменьшена стоимость мобильного серфинга.

Список литературы

1. Ушаков Н.Ю. Общая архитектура сервиса управления атрибутами объекта PDM системы //Информатика: проблемы, методы, технологии / Н. Ю. Ушаков, А. В. Бредихин, А. А. Филимонова. – 2020. – С. 1766-1768.

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.

3. Кичигина М. Б. Проектирование информационной модели представления многовидовых структур данных в системах информационной поддержки жизненного цикла изделия / М. Б. Кичигина, В. А. Рыжков, М. И. Чижов // Прогрессивные технологии и процессы. – 2020. – С. 67-69.

4. Бредихин А. В. Использование объектно-ориентированных технологий в разработке приложения проектирования бизнес-логики PDM системы // Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве / А. В. Бредихин, М. Б. Кичигина. – 2017. – С. 34-36.

Разработка ИТ стратегии для предприятия, внедрение систем ERP, PDM, CAM

М. И. Чижов, д.т.н. профессор, заведующий кафедрой КИТП
email: mihailc@list.ru
А. В. Бредихин, к.т.н. доцент кафедры КИТП
email: maypochta@yandex.ru
А. А. Филимонова, ст.преподаватель КИТП
email: asick@inbox.ru
П. С. Глазков, студент группы змЖЦИ-181
email: ya.glazkov@gmail.com

Воронежский государственный технический университет «ВГТУ»

Аннотация. *В статье представлена разработка ИТ-стратегии предприятия по производству медицинского оборудования ООО НПФ «КРЫЛО» Фирма ставит одной из своих главных целей снижение конкуренции на внутреннем рынке страны, а так же устранение дублирования промышленных функций и конструкторско-производственных компетенций. Тем не менее, сохраняется жесткая конкуренция на внутреннем и, тем более, на внешнем рынках с зарубежными компаниями, которые, как правило, лучше управляются, используют более современные и производительные технологии, имеют возможность оперативно адаптировать свой продуктовый ряд к потребностям покупателей. Только повышение внутренней эффективности отечественных корпораций за счет создания новых систем управления и модернизации производственных процессов на базе новейших информационных технологий позволит сохранить российскую промышленность и обеспечить конкурентоспособность и необходимое разнообразие выпускаемой продукции. В процессе исследования проблем использовались методы логического, статистического и аналитического анализа.*

Ключевые слова: *ИТ-стратегия, ERP, PDM, CAM.*

Введение

Современное машиностроительное предприятие характеризуется множеством процессов организационно-технического характера. В случае отсутствия четко обозначенных границ деятельности, формализованных процессов и единого центра принятия решения,

© Чижов М. И., Бредихин А. В., Филимонова А. А., Глазков П. С., 2021

необходимо выстраивать современную систему управления предприятием на основе информационной поддержки жизненного цикла [1-2]. Для реализации такого подхода, на предприятии требуется организация аналитического центра, способного анализировать узкие места, осуществлять мониторинг и анализ динамики всех бизнес-процессов, что позволит выстраивать стратегические и оперативные прогнозы. В качестве инструмента для реализации данного подхода должны выступать корпоративные интегрированные системы. Кроме решения поставленных выше задач, данные системы трансформируют методы создания продуктов, сокращая временные затраты, повышая эффективность использования материальных и финансовых ресурсов.

Анализ

Создание стратегии развития информационных технологий, описывающей перспективы и этапы использования определенных информационных систем (ИС), развития архитектуры предприятия и организационно-методического обеспечения управления ИТ, является важнейшим инструментом построения современной эффективной промышленной компании.

По результату анализа деятельности ключевых подразделений компании было выявлено ряд проблем (таблица), влияющих на возможность достижений бизнес-целей. Так, в части управления проектированием отсутствует возможность управления актуальностью версий изделия, что повышает время вывода нового изделия на рынок. Отсутствует система централизованного хранения информации и знаний.

Таблица

Ключевые проблемы в процессе проектирования изделия

Проблемы	Структурные подразделения, озвучившие данную проблему
Отсутствие ряда систем	
Система управления электронным архивом	Конструкторский отдел
Система инженерного анализа	
Система хранения и обработки данных	Конструкторский отдел, отдел маркетинга
Недочеты существующих систем	
Актуальность версий изделий	Конструкторский отдел

Используемые системы автоматизированного проектирования не включены в общий информационный контур предприятия. Обмен инженерными данными производится за счет организации сетевого хранения файлов (рис. 1).

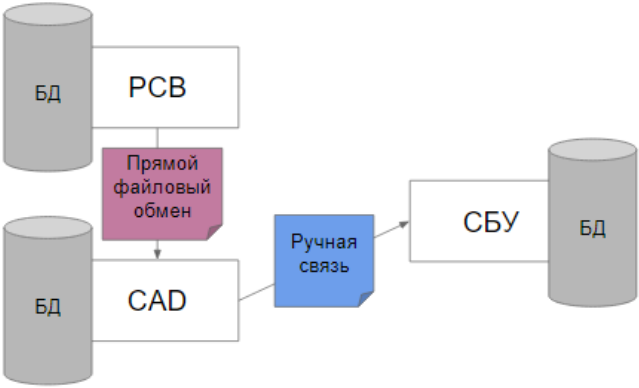


Рис. 1. Архитектура интеграции ИС

Очевидно, что необходим новый подход, характеризующий управления инженерными данными в единой информационной среде. Замена лоскутной автоматизации на корпоративную информационную систему на базе PDM и ERP систем (рис. 2).

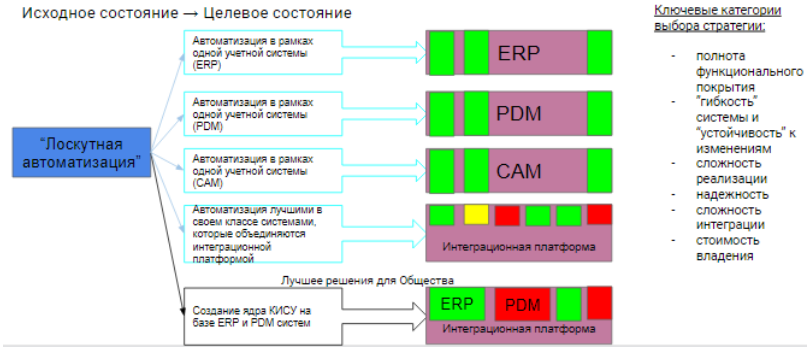


Рис. 2. Стратегия построения КИСУ

Внедрение такого подхода требует развития организационной и технической поддержки информационных технологий внутри компании.

Формализации и автоматизации внутренних бизнес-процессов. Создание служб информационной поддержки (рис. 3).

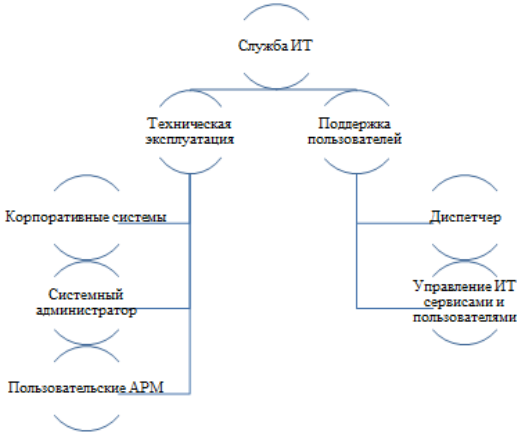


Рис. 3. Функциональная модель управления ИТ

С учетом поставленных целей разработан общий план реализации проектов развития информационного контура предприятия. Календарный план основан на функциональной модели и финансово-организационных возможностях предприятия (рис. 4).



Рис. 4. Общий план реализации функциональной стратегии развития

Заключение

По опыту аналогичных проектов экономическая выгода от внедрения систем управления инженерными данными и ресурсами

достаточно высока. Следует отметить, что экономическая эффективность будет расти по мере увеличения количества документов, находящихся в электронном архиве, и числа сотрудников, подключенных к электронному документообороту.

Список литературы

1. Зеленков Ю. А. Методология стратегического управления развитием корпоративной информационной системы крупного промышленного предприятия в современных условиях/ Ю. А. Зеленков // Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2013.

2. Коновалова Г. И. Оптимальный механизм оперативного управления производством с применением компьютерных и информационных технологий / Г. И. Коновалова // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013. – №. 4. – С. 113-121.

Получение сечений цифровых макетов изделий с импортируемой геометрией

А. Н. Юров, e-mail: yurovalex@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассматривается подход по созданию сечений для цифровых макетов изделий с импортируемой геометрией средствами геометрического ядра. Представлен алгоритм и программный модуль, обеспечивающий визуализацию скрытых элементов моделей и сборочных единиц в экспортных форматах САПР посредством сечений*

Ключевые слова: *Импортируемые модели, экспортные форматы данных, геометрическое ядро Open CASCADE, поверхностная геометрия твердотельных моделей, визуализация и представление объектов.*

Введение

Отображение моделей с визуализацией поверхностной, а также скрытой геометрией, является основой любого процесса проектирования на производстве [1]. В случае работы с цифровыми твердотельными моделями требуется понимание в расположении тех топологических элементов, которые скрыты поверхностной оболочкой. В решении такой задачи поможет использование динамических разрезов в процессе конструкторского проектирования, при разработке технологии, процессов имитационных испытаний конструкции и т.д. Уже на стадии производства, при использовании цеховых терминалов, где есть доступ технологической документации и моделям, представление моделей в разрезах позволит получить больше информации по изделию [2]. С использованием систем по управлению всем цифровым контентом на производстве и в эксплуатации также приходится обращаться к инструментам по созданию сечений для моделей и сборочных единиц. Инструментом для получения сечений может выступать функционал геометрического ядра Open CASCADE [3].

1. Постановка задачи

Построение сечения для произвольной модели можно подготовить, используя вспомогательную плоскость, которая пересекает

© Юров А. Н., 2021

твердотельную модель. Если плоскость не является секущей, то возможный срез для модели можно получить лишь смещением указанной плоскости. Все, что попадает в срез по плоскости, может быть отображено в заданном цвете. Для удобства обычно используют 3 базовые конструктивные плоскости, в последствии к имеющимся плоскостям добавляют углы поворота, применяя смещение плоскостей. В простом случае, можно воспользоваться одной плоскостью, а в случае получения ступенчатых трехмерных разрезов потребуется использование нескольких плоскостей с ограничениями и некоторым набором кривых, которые будут отвечать за получение составного сечения.

На практике для сечений твердотельных моделей обычно используется прием с использованием только одной плоскости, потому что создавать граничные решения для 3D – невостребованная задача с точки зрения ее использования.

Ступенчатые разрезы и сечения распространены в том случае, когда с модели получены ассоциативные эскизы и на плоскости указаны кривые, по которым требуется создать сечение.

Согласно приведенным рекомендациям, можно предложить схему для реализации группы задач модуля построения сечений и сборочных узлов с импортируемой геометрией, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Схема разработки модуля сечений

2. Описание алгоритма

Для получения сечений необходимо получить некоторую форму топологических элементов с импортируемой модели. Для этого необходимо загрузить в экспортном формате модель в систему и разместить компоненты в отдельном списке. Далее необходимо

проанализировать структуру модели на предмет топологических элементов, которые, в свою очередь, могут выступать опорными точками при создании сечений.

Ключевым в модуле является алгоритм, в котором производится сечение по плоскости. Для создания плоскости требуется контрольная точка и направление для создания секущей плоскости. Также проверяется флаг, который влияет на отображение элементов как с одной стороны объекта, так и с противоположной.

После создания вспомогательной плоскости сечения, проверяется, имеется ли уже сечение в теле модели. Если нет – создается программный контент для получения сечения. Устанавливаются параметры цвета и штриховки. Если есть контент – параметры корректируются. Алгоритм по созданию сечений представлен на рис. 2.

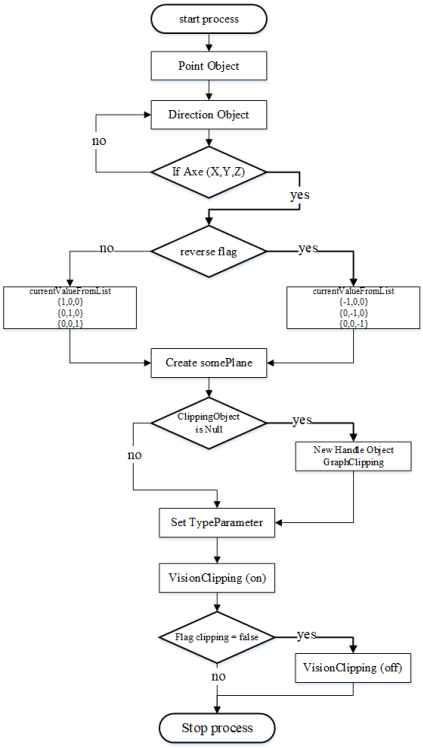


Рис. 2. Алгоритм по созданию сечений

3. Реализация модуля построения сечений

На основе предложенных подходов по созданию модуля сечений и разработанного алгоритма было создано программное обеспечение по работе с импортируемой геометрией.

Из интерфейсных опций следует отметить следующие:

– выбор типа сечения. При работе с модулем предлагаются варианты сплошного сечения, полупрозрачного в виде сетки, вертикальных линий, горизонтальных и некоторых других;

– выбор цвета сечения. Цвет определяется по схеме RGB, либо согласно карте предопределенных цветов. При выборе цвета сечение в модели переопределяется автоматически. Такой динамический вариант построения является удобным в работе при отображении сечений;

– набор слайдеров позволяет подготовить сечение по заданной оси. За каждым слайдером закреплена возможность в виде отдельной кнопки получить реверс при создании сечения. Слайдеры, как и кнопка с цветом позволяют динамически перестроить сцену с сечением. Результаты работы приложения приведены на рис. 3 и 4.

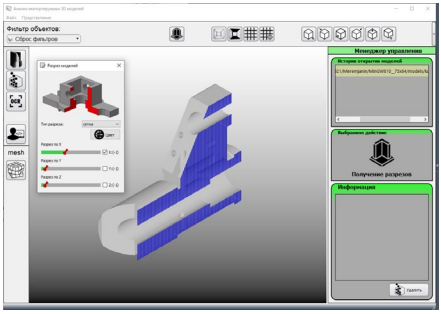


Рис. 3. Модель детали в разрезе

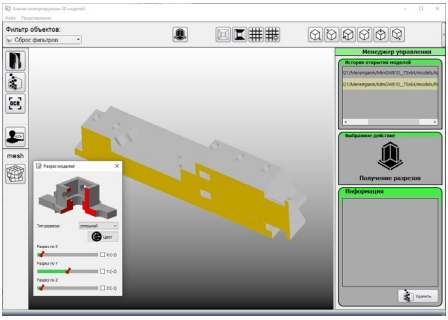


Рис. 4. Модель сборочной единицы в разрезе

Заключение

Разработанный модуль позволяет произвести построение сечения по выбранной оси с реверсом для любой импортируемой цифровой модели изделия. Для сечения может быть определён произвольный цвет и заданный набор типов сечений (сплошная заливка, сетчатая и ряд других). Для модуля предложена концепция построения сечений, применимая к любой импортируемой геометрии, разработан алгоритм построения сечений, подготовлен интерфейс модуля и программная реализация с получением результатов для моделей и сборочных единиц.

Список литературы

1. Еремин И.А. OPEN CASCADE Инструмент для разработки системы автоматизированного проектирования / И. А. Еремин, В. А. Рыжков, А. А. Килина // Вестник воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8 . – № 12-2 . – С. 82-85.

2. Похилько А. Ф. Формализация процесса построения 3D-модели изделия на основе библиотек OPEN CASCADE / А. Ф. Похилько, Д. Э. Цыганков // Системный анализ в проектировании и управлении. Сборник научных трудов XIX Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 29-31.

3. Еремин И. А. Моделирование 3D тел с помощью кинематических операций на основе открытого ядра OPEN CASCADE / И.А. Еремин // сб. тр.: Материалы XV международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2015. С. 294-298.

Школа-конференция

«ИНФОРМАТИКА В ОБРАЗОВАНИИ»

Секция 1
Методика преподавания информатики

Action Research на уроках информатики: как формативное оценивание влияет на мотивацию учащихся

А. Б. Аманжолова, email: torbaevaalma@gmail.com [1]
А. Б. Торбаева, email: asel.projectservice@gmail.com [2]
М. А. Аманжолов, email: amanzholovmejram@gmail.com [3]

[1] Назарбаев Интеллектуальная школа, г. Нур-Султан, Республика Казахстан
[2] АО ССГПО, г. Рудный, Костанайская область, Республика Казахстан
[3] Школа-лицей № 88, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Аннотация. *В данной работе рассматривается проведённое исследование практики учителя в действии об использовании различных видов оценивания для обучения на уроках информатики. В качестве формативного оценивания были использованы: дебаты, игра «угадай слово», Kahoot.it, практические работы, постеры. Можно применять практически на всех предметах в средней школе.*

Ключевые слова: *NIS, Action Research, formative assessment, students, motivation, НИШ, исследование практики в действии, формативное оценивание, учащиеся, мотивация.*

Введение

У меня всегда раньше возникал вопрос: «Почему опытные учителя точно знают, как преподавать ту или иную тему?» – и: «Почему они точно уверены, что, используя именно эти методы, они добьются высокого результата?». Вопросы отпали, когда я столкнулась с понятием «Исследование практики в действии», которое, согласно информации факультета образования Университета Кембридж, состоит из пяти этапов или шагов:

Шаг 1. Берем обязательство (Приглашение к исследованию);

Шаг 2. Разрабатываем исследование (Вопросы и ответы);

Шаг 3. Осмысливаем опыт (Данные и анализ);

Шаг 4. Начинаем заново (Новые более совершенные вопросы);

Шаг 5. Совершенствуем практику (Приглашение к исследованию)» [1, с. 235].

Конечно же, опытные учителя, путем наблюдения и рефлексии, на протяжении многих лет уже точно знают, каким образом необходимо обеспечить подачу материла, чтобы быть точно уверенными в качественном усвоении новых тем и закреплении предыдущих.

© Аманжолова А. Б., Торбаева А. Б., Аманжолов М. А., 2021

При внедрении формативного оценивания ученики не понимали, что такое формативное оценивание, для подготовки в формативному оцениванию они не спали ночами, переживая стресс и во время сдачи формативных работ. Родители во время родительских собраний спрашивали у меня: «Мой сын (дочь) сдает суммативное и формативное оценивание. Но формативное оценивание не идет в журнал, значит, оно не важно?» Много исследований в мире показывают, что формативное, суммативное и критериальное оценивание положительно влияет не только на качество, но и на психологическое состояние учащихся.

«Определение школьного оценивания, принятое каждой страной, зависит от образовательной политики этой страны и использования результатов оценивания: для развития обучения или для выставления оценок.

Так, в США, Новой Зеландии, Финляндии, Канаде, Сингапуре результаты формативного оценивания используются для улучшения учебных программ и процесса обучения учащихся.

В Англии, Гонконге, Австралии результаты формативного и суммативного оценивания используются для повышения достоверности и объективности оценивания на основе единых критериев» [2, с. 5].

Поэтому я решила сформулировать свой исследовательский вопрос следующим образом: «Как различные виды формативного оценивания влияют на мотивацию учащихся на уроках информатики в 11 классе?»

«Целью оценивания обучения… является суммирование того, что изучил ученик на данный конкретный момент. По существу, оно не направлено напрямую на вклад в будущее обучение, хотя тестирование, имеющее важнейшее значение, может оказать и негативное влияние на процесс обучения» [3].

«При оценивании обучения заключение делается после соотношения достижений ученика с установленными нормами или уровнями, достигнутыми группой учеников, например, одного возраста. Такие заключения могут формулироваться в форме «соответствует/не соответствует» стандарту или представляться в виде шкалы баллов или уровней и других символических обозначений критериев и стандартов, на которых они основаны. Предоставление отчетности, отбор и мониторинг, таким образом, являются очевидным назначением данного вида оценивания информации» [4, с. 35]. Поэтому я и выбрала формативное оценивание (или оценивании для обучения).

Мною были изучены различные документы эффективности оценивания для обучения, к примеру, исследование П. Блэка и Д. Уиллиама [3], которое было проведено по заказу Реформаторской Группы Оценивания. «Экспертиза исследований проводилась по всему

миру, во многих секторах образования с 1987 по 1997 годы... Блэк и Уиллиам проанализировали 250 научных работ, 50 из которых были особенно интересны, потому что они предоставили данные об успехах в достижениях после «вмешательств», основанных на том, что мы могли бы сейчас назвать практикой оценивания для обучения. Эти успехи, измеренные пред- и постсуммативными тестами, давали стандартизированную величину эффекта 0.4 и 0.7. Величина эффекта 0.4 могла бы поднять среднего учащегося на пол-уровня; величина эффекта 0.7 – на три четверти уровня. Были представлены данные о том, что результаты менее успешных учащихся были даже более выдающимися. Полученные результаты убедили многих учителей и чиновников высшего ранга, что оценивание для обучения следует воспринимать серьезно» [3]. Предполагаю, что данные, полученные мной, после исследования также убедят большинство в эффективности системы формативного оценивания.

1. Отчет о внесенных в практику изменениях и использование метода сбора данных

Какие изменения я решила внести в свою практику? Первоначально среди учеников 11 класса в начале года было проведено входное анкетирование. То есть на **первом шаге исследования (из пяти шагов) «Берем обязательство»** решила, чтó необходимо сделать для разработки исследования. Входное анкетирование было проведено с целью выяснить, как дети относятся к системе оценивания, что они знают о ней и какое направление деятельности мне стоит выбрать для формулировки вопроса исследования. Ответы детей заставили задуматься, ведь система формативного оценивания направлена на объективность оценивания, хотя на данный момент анкетирование показало, что дети никакой объективности пока не видят, а видят только сложности.

Следующим шагом в процессе сбора данных было анкетирование перед первой формативной работой, целью которой было выяснить, как дети воспринимают понятие «формативное оценивание». Первый вопрос звучал следующим образом: «Боюсь ли я сдавать формативку (формативную работу)?» – и второй вопрос был задан так: «Почему «да» и почему «нет»?». Некоторые ответы обрадовали: писали, что не боятся формативной работы, т. к. это естественный процесс и его не избежать. Ответы некоторых учеников заставили задуматься. Одна девочка написала: «Боюсь формативной работы до дрожи, потому что, возможно она очень сложная, и я не знаю, что именно там будет». То есть у детей есть страхи по поводу формативных работ, хотя их не должно быть, т. к.

формативная работа только формирует знания, направляет ученика для успешной подготовки к суммативному оцениванию.

В методических рекомендациях указано, что «…во всех странах признается, что школьное критериальное оценивание позволяет определять, на каком этапе обучения находятся учащиеся для оказания индивидуальной поддержки в обеспечении их прогресса в обучении» [2]. Почему я выбрала именно анкетирование как метод для сбора первоначальной информации? Все три опроса учащихся были составлены с помощью вопросов анкетирования, потому что «данный метод обладает следующими достоинствами:

- высокой оперативностью получения информации;
- сравнительно малой трудоемкостью процедур подготовки и проведения исследований, обработки их результатов;
- отсутствием влияния личности и поведения опрашивающего на работу респондентов;
- невыраженностью у исследователя отношений субъективного пристрастия к кому-либо из отвечающих» [5].

Все эти первоначальные мероприятия позволили мне уже более четко осмыслить фокус моего исследования и сформулировать исследовательский вопрос, который звучал следующим образом: «Как различные виды формативного оценивания влияют на мотивацию учащихся на уроках информатики в 11 классе?» То есть я начала переходить **ко второму шагу «Исследование в действии»,** который предполагает разработку исследования, создание вопросов и нахождение ответов на них.

В дальнейшем состоялась встреча с родителями, от которых было получено соглашение на участие в исследовании их детей.

Были выбраны 5 учеников: уровня «А» – один ученик, уровня «В» – двое учеников (я их обозначила как «В1» и «В2»), уровня «С» также двое учеников («С1» и «С2», соответственно). Почему я выбрала именно этих учеников? Так получилось, что мой выбор пал на мальчиков, т. к. мальчики чисто физиологически имеют склонность к одному предмету, а девочки иногда могут показать результат именно своей усидчивостью. Хотелось отследить именно этот момент. Также учеников уровней «В» и «С» было по двое, т. к. хотелось более объективно, наблюдая за двумя учениками каждого уровня, исследовать проблему и найти пути решения.

Следует отметить, что в первой четверти я использовала достаточно обычный способ формативного оценивания: лист бумаги с вопросами открытого и закрытого типа. После проведенного анкетирования в первой четверти, с целью снятия стресса у детей, при разговорах о

формативном оценивании решила внести разнообразные методы оценивания для обучения.

В качестве методов исследования решила использовать наблюдение (потому что оно помогает учителю фиксировать все действия ученика), ведение записей в рефлексивном дневнике (потому что потом, при анализе полученных данных, рефлексивный дневник помогает осмыслить и наметить пути решения проблемы), проводилась фото-, видеосъемка (потому что то, что первоначально, возможно, не было замечено наблюдателем и не зафиксировано, фото- и видеоматериалы помогут восстановить в памяти и четко проанализировать действия исследуемых).

Своё исследование я начала с темы «Алгоритмы». Действительно, наблюдение и фиксирование результатов очень помогает учителю анализировать полученные данные и думать, какие изменения необходимо внести. Например, на этом уроке ученик «В2» проявил интерес при объяснении всему классу понятия «Алгоритма Евклида», хотя раньше я не замечала его интереса на уроках информатики.

Ученик «С2» самостоятельно разбирал тему, но явного интереса еще не было. Однако на перемену не пошел, заинтересовался заданием. Почему так произошло? Я заметила, что он работал внимательно, однако требовалась поддержка других, более сильных учеников, он задавал другим много вопросов. На данном этапе требуется поддержка других. Эти наблюдения при изучении темы «Алгоритмы и программирование» были направлены на достижение цели «Написать алгоритм двоичного (бинарного) поиска для решения конкретной задачи».

В этой четверти я постаралась сделать упор на применение новых методик в подготовке и проведении формативных работ. Какие новые виды работ я использовала: дебаты, игры (например, «угадай слово»). После игры «угадай слово» двое учеников подошли ко мне и спросили, будут ли еще такие игры, на что я ответила положительно и для себя решила, что чаще буду использовать такие виды деятельности на уроках. Эти виды работ, конечно же, отличались от скучных письменных формативных работ.

При изучении темы «Введение в Базы данных» провела формативную работу в виде практической работы. Ученикам необходимо было создать базу данных с помощью программы Microsoft Access. Поведение ученика «А» было практически предсказуемым, он часто сам достаточно успешно справляется со всеми заданиями, однако у него были вопросы. В лабораторной работе был алгоритм для старой версии программы, а у нас в классе новая версия, он спросил, потом сам разобрался. Ученик «В1» сделал по-своему, поэтому у него возникли

вопросы и сложности. Почему так получилось? Ученик «В1» многое любит делать самостоятельно! Хорошее качество! Надо развивать это качество у него. Наблюдая за учеником «С1», заметила, что он делал все медленно, потом начал искать помощь у других. Необходимо самой оказывать ему поддержку (создавать зону ближайшего развития) и создавать условия, чтобы эта поддержка была оказана более сильными учениками [6, с. 134].

Также в качестве новых ресурсов хочу отметить применение в процессе оценивания для обучения интерактивную игру kahoot (Kahoot.it). Игра очень увлекательная, есть соревновательный характер, который сделал формативное оценивание интересным и захватывающим. Дети также могут использовать свои сотовые телефоны, которые часто запрещают использовать на уроках, что создает благоприятную коллаборативную среду для обучения. Данный вид формативного оценивания дает ученикам много положительных эмоций. Ученики «А», «В1», «В2», «С1» очень эмоционально проходили этот вид формативного оценивания, прослеживался явный интерес, однако ученик «С2» все-таки менее эмоционально реагировал. Думаю привлекать его, чтобы заинтересовать в изучении информатики.

Также в качестве нововведений были использованы постеры. Если ранее я применяла создание и защиту постеров на уроках при разборе нового материала, то в этой четверти я впервые использовала создание и защиту постеров как один из видов оценивания для обучения. При изучении темы «Представление данных» ученикам необходимо было достигнуть цели «Описывать, как работают системы кодирования символов Юникод и ASCII, а также преимущества использования Юникода над ASCII». Наблюдения и записи рефлексивного журнала показали, что ученик «С2» при защите постера сказал другой ученице: «Дай я скажу, а то опять без слова останусь!» – то есть интерес к уроку информатики явно отразился в его фразе при формативном оценивании. Второй ученик «С1» очень красиво нарисовал постер, старался и потом говорил, как красиво вышло. При защите постера все-таки оставался в стороне, потом быстро ушел. Оба ученика уровня «С» достаточно успешно проявили себя в данном виде формативного оценивания, в дальнейшем буду обращать внимание на их творческие составляющие для мотивации к предмету.

2. Выводы и анализ

После внесенных мною изменений я убедилась в том, что новые и интересные виды формативного оценивания действительно мотивируют учеников. Однако мне необходимо было получить обратную связь, проведя опрос среди учащихся. То есть начался уже **третий этап**

исследования, где собираются данные и анализируются. Было создано онлайн-анкетирование, направленное на сбор и анализ данных проведенного исследования. Онлайн-анкета была создана с помощью сервиса surveymonkey.com. Приняли участие ученики уровня «A», «B2» и «C». Результаты представлены на рис. 1.



Рис. 1. Результаты опроса учащихся после проведенных формативных работ

Так, респонденты указали, что после формативных работ по информатике, проведенных во второй четверти, они испытывают больше радости, потом равнодушие, а усталость и страх очень слабо прослеживаются.

Как видно из графика, предоставленного на рис. 2, детям понравились новые виды формативных работ, а игра Kahoot больше всего. То есть, думаю, даже необходимо внедрять этот вид формативного оценивания в своей практике.

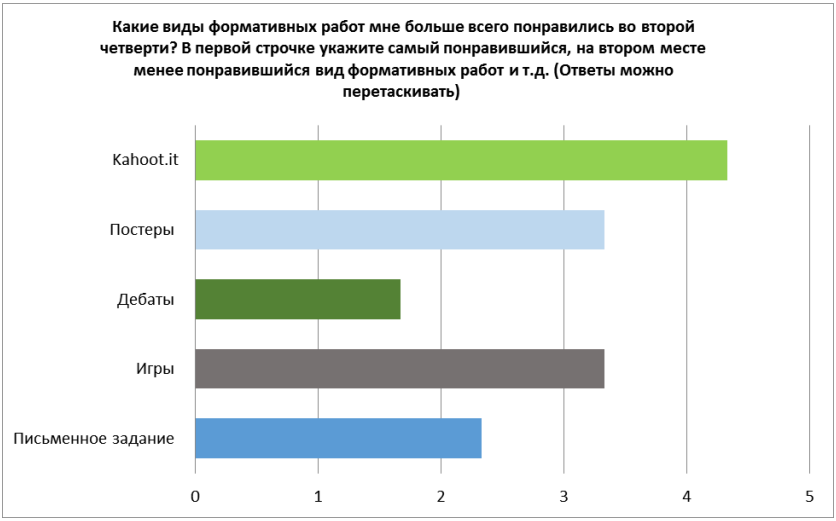


Рис. 2. Результаты опроса учащихся о наиболее понравившихся видах формативных работ

3. Ограничения процесса проведения исследования в действии и последствия для последующей практики

Четвертый шаг исследования «Начинаем заново». В следующем учебном году планирую обмениваться опытом с учителями дизайна (посещая их уроки и обсуждая). Также хочу делиться своим опытом с целью формирования новых вопросов исследования и внесения корректировок в текущее исследование.

При сборе данных я использовала наблюдение, анкетирование, производила фото- и видеосъемку. При использовании фото- и видеосъемки как метода сбора данных столкнулась со следующей проблемой: достаточно сложно было снимать видео, наблюдая за исследуемыми детьми, и не забывать при этом вести урок информатики. Думаю, для решения этой проблемы найти единомышленников, заинтересованных проводить исследование своей практики, и просить их снимать видео. Потом самой также снимать видео на их уроках и совместно обсуждать полученные данные.

Мои планы для **шага пять «Совершенствование практики».** Сейчас не вызывает сомнения, что внедренные изменения положительно отразились на мотивации учащихся.

В рамках общешкольного проекта «Исследование в действии» хочу расширить тему исследования и уже исследовать применение на

различных предметах учителями школы для выявления проблем и поиска путей решения. Потому что учителя сталкиваются с различными проблемами, а у нас уже есть готовые исследования по вопросам и проблемам, с которыми они могут столкнуться в своей повседневной практической деятельности.

Также каждый год в сеть Назарбаев Интеллектуальных школ Республики Казахстан, в том числе в школу Международного бакалавриата, будут приходить учащиеся 7 классов, которые не знакомы с нашей системой оценивания. Думаю, мое исследование поможет учителям так запланировать свои уроки, чтобы учащимся, не знакомым с новой системой оценивания, было комфортно, а адаптационный период проходил без серьезных стрессов.

Список литературы

1. Руководство для учителя. Второй (основной) уровень / Автономная организация образования «Назарбаев Интеллектуальные школы». – 1-е изд. – Астана, 2012.

2. Интегрированная модель критериального оценивания. Методические рекомендации / Автономная организация образования «Назарбаев Интеллектуальные школы». – Астана, 2014.

3. Testing, motivation and learning / P. Black [et al.]. – University of Cambridge School of Education, 2002.

4. Предкурсовые задания. Второй (основной) уровень / Автономная организация образования «Назарбаев Интеллектуальные школы». – 1-е изд. – Астана, 2012.

5. Метод исследования анкетирование [Электронный ресурс] : Биофайл, науч.-инф. журн. – Режим доступа: http://biofile.ru/psy/1658.html

6. Руководство для учителя. Третий (базовый) уровень / Автономная организация образования «Назарбаев Интеллектуальные школы». – 3-е изд. – Астана, 2012.

Использования ассемблера для изучения архитектуры компьютера

Г. В. Гаркавенко, email: g.garkavenko@mail.ru

Воронежский государственный педагогический университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается то, как можно использовать написание программ на ассемблере при изучении работы регистров компьютера, а также проводить компиляцию и компоновку программ в командной строке, без использования среды программирования.*

Ключевые слова: *исследовательская работа, ассемблер, работа регистров, компиляция.*

Введение

В Воронежском государственном педагогическом университете на физико-математическом факультете учебные планы направления «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки), профили «Математика», «Информатика», и «Педагогическое образование», профиль «Информатики и ИКТ», включают в себя дисциплину «Архитектура компьютера».

В рамках данного курса, для лучшего понимания структуры и работы регистров, изучаются основы языка ассемблера. В свою очередь, при изучении ассемблера необходимо уметь переводить десятичные числа в двоичную и шестнадцатеричную системы счисления. Переводы чисел между различными системами счисления изучаются в школьном курсе информатики и более подробно при изучении дисциплины «Теоретические основы информатики» [1].

Сейчас мало кто пишет программы на «чистом» ассемблере, чаще используются ассемблерные вставки в программах, написанных на языках высокого уровня, для увеличения быстроты выполнения программы [2]. Чтобы организовать программный ввод-вывод данных, в языках высокого уровня требуется всего пара строк, и за этими строками скрыто то, как на самом деле осуществляются эти действия. На ассемблере же для осуществления ввода и вывода данных потребуется написать более длинный код. При изучении ассемблера на занятиях по дисциплине «Архитектура компьютера» не ставится цель научится программировать на ассемблере, а он используется для понимания принципов работы с регистрами и памятью компьютера,

© Гаркавенко Г. В., 2021

получения представления о том, что собой представляют машинные команды и способы адресации.

1. О выборе компилятора для языка ассемблер

Для того, чтобы писать программы и выполнять (запускать) их, вместе с языком программирования необходимо выбрать систему программирования. Система программирования включает в себя интегрированную среду разработки, текстовый редактор, компилятор или интерпретатор, библиотеки подпрограмм, компоновщик. Например, для языка Паскаль можно использовать систему программирования PascalABC.NET или FreePascal. Для C++ можно использовать CodeBlocks или Visual Studio. Причем в этих системах программирования используются разные компиляторы для одного и того же языка программирования.

Итак, для изучения архитектуры компьютера посредством написания простейших программ на языке ассемблер необходимо выбрать компилятор. Существует множество разновидностей компиляторов для ассемблера: TASM, MASM, FASM, NASM и другие.

Для поддержки курса «Архитектура компьютера» используется компилятор TASM32, в состав пакета которого входит отладчик Turbo Debugger. Используя этот отладчик, как раз и можно проследить за работой в регистрах. Ко времени изучения ассемблера студенты уже знакомы с программированием на одном из языков высокого уровня. И они привыкли использовать все те дополнительные возможности (подсветка синтаксиса, подсказки, удобную компиляцию, отладку, запуск программы и т. п.), которые предоставляет система программирования, и не всегда понимают, что язык программирования и, например, редактор, в котором набирается текст программы, не одно и то же. Поэтому, поскольку TASM не имеет собственной среды программирования, было решено не использовать среды сторонних разработчиков, а продемонстрировать студентам, как производить компиляцию и сборку программы, используя командную строку. Сам компилятор скачать на данный момент проблематично, но у нас он имеется достаточно давно.

Перед работой в корне рабочего диска (чтобы не пришлось писать длинные пути к файлам, и программы, предназначавшиеся ранее для dos, плохо работают с длинными именами папок и файлами и папками, имеющими русские буквы в имени) создается папка asm и в неё помещаются все необходимые файлы. Для создания простых программ на ассемблере нам достаточно, чтобы в папке asm находились файлы:

tasm32.exe

tlink32.exe

td32.exe
rtm.exe
import32.lib

Для образца туда еще добавляется файл basa.asm, в котором записан простейший код на ассемблере.

Для удобства работы с командной строкой надо установить файловый менеджер Far, в нем также имеется текстовый редактор Edit, который будем использовать для набора текста программы.

2. Компиляция и сборка программы

Для начала на лекции рассказывается о названиях, назначении и структуре регистров, а также о типах данных ассемблера, которые непосредственно связаны с регистрами. Далее рассматривается структура программы и простейший пример, который находится в файле basa.asm, см. листинг 1.

Листинг 1

Простейшая программа на ассемблере для tasm32

```
includelib C:\asm\import32.Lib
extrn ExitProcess:near
.386
.model flat, stdcall
.data
 x db 4
 y db 3
 s db ?
.code
_start:
  mov eax,0
  mov al,x
  mov bl,y
  add al,bl
  mov s,al
  call ExitProcess,0
end _start
```

Данная программа выполняет всего лишь сложение двух чисел, но наша цель не освоить программирование на ассемблере как таковое, а изучить работу регистров, разобраться с тем, что программа компилируется и «линкуется».

Итак, прежде всего, программу надо скомпилировать. Запускаем менеджер файлов Far, переходим в папку asm и в командной строке набираем команду:

tasm32.exe /ml basa.asm

Можно воспользоваться сочетанием клавиш Ctrl+Enter, чтобы перенести в командную строку имя выбранного в списке панели Far

файла. Эти же действия можно осуществить с помощью командной строки Windows cmd, но придется дольше перемещаться по папкам и прописывать все пути и команды вручную, см. рис. 1.

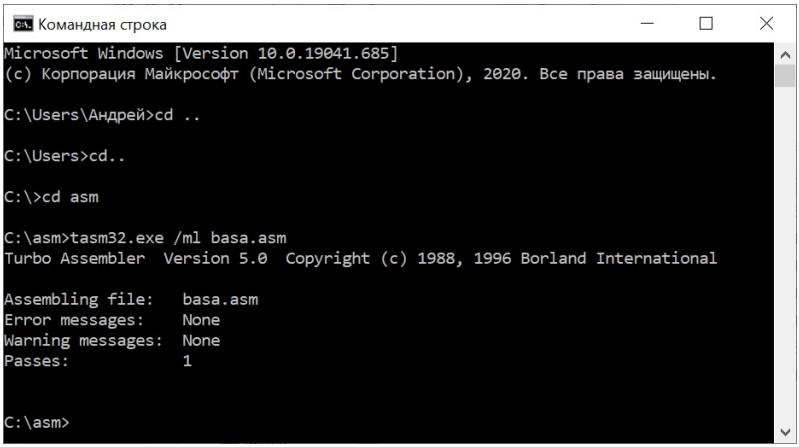


Рис. 1. Пример компиляции программы на ассемблере с использованием командной строки.

Видим, что компиляция прошла успешно. Ключ /ml указывает на то, что надо различать прописные и строчные буквы в идентификаторах. Результаты компиляции в Far можно посмотреть, потушив панели командой Ctrl+o, или увидев, что создан объектный файл basa.obj. При компиляции проверяется синтаксис и соответствие типов данных тем регистрам, в которые их загружают. На рис. 2 приведен пример компиляции с ошибкой, когда строку *mov al,x* программы basa.asm заменили строкой *mov ax,x*.

Компилятор указывает номер строки, содержащую ошибку и ее тип. Если имеется в программе ошибка, то объектный файл не будет создан.

Следующий этап – это «линковка» (сборка) программы. Для этого вызываем компоновщик или, иначе, редактор связей:

tlink32.exe /ap basa.obj

Компоновщик включает в программу все необходимые внешние функции, находящиеся в подключаемых библиотеках. Если все прошло успешно, то будет создан исполняемый файл basa.exe. Но если в имена путей вкралась ошибка, то компоновщик, не найдя файла выдаст ошибку. Ключ /ap задает создание консольного приложения.

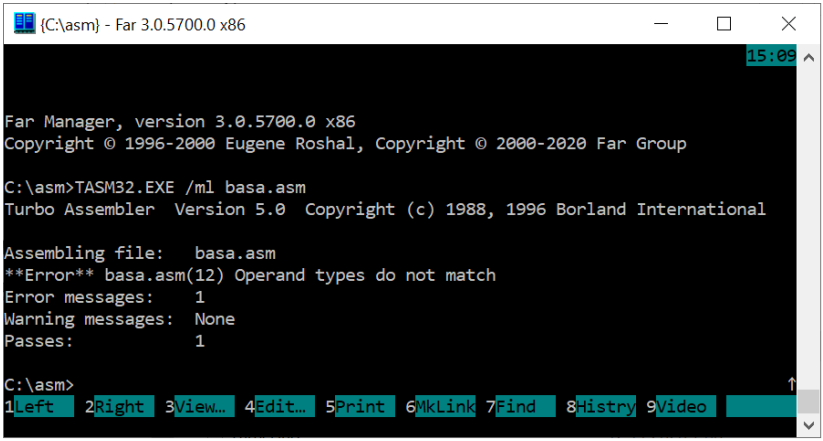


Рис. 2. Компиляция с ошибкой и просмотр результатов в Far.

3. Изучение работы 32-битных регистров процессора

Наконец наше приложение готово и можно приступить к исследованию работы регистров процессора и основ архитектуры компьютера [3, 4]. Проверить работу программы в отладчике Turbo Debugger. И это как раз то, ради чего создавался exe-файл. Загружаем basa.exe в отладчик командой

td32.exe basa.exe

В окне Turbo Debugger (рис. 3) можно увидеть загруженный исполняемый файл нашей программы, адреса памяти, в которых расположен этот файл. Правее находятся 32-битные регистры процессора, еще правее находится регистр флагов. Здесь студентам пригодится знание шестнадцатеричной системы счисления, именно в этой системе счисления хранятся данные в регистрах. А также можно увидеть связь между двоичной и шестнадцатеричной системами счисления, то есть системами с кратными основаниями. Известно, что при переводе числа из двоичной системы счисления в шестнадцатеричную исходное число надо разбить на тетрады, и каждая такая тетрада из нулей и единиц соответствует цифре шестнадцатеричного числа. В отладчике можно увидеть, что в 32-битных регистрах расположено 8 шестнадцатеричных цифр.

Чтобы внимательно рассмотреть, как изменяются данные в регистрах, программу надо выполнять пошагово, используя клавиши F7 или F8. Студенты должны увидеть, что регистры никогда просто так не бывают пустыми, значения в них не становятся просто так равными 0, через них проходят все команды процессора. Поэтому порой полезно

обнулить регистр перед записью в него данных, в программе basa.asm представлен один из способов обнуления 32-х битного регистра eax, а затем в его часть al, состоящую из 1 байта помещается значение 4, хранящееся в байте памяти по адресу [00402000]. В этот байт было помещено значение переменной x, заданной в сегменте данных программы, рис. 3.

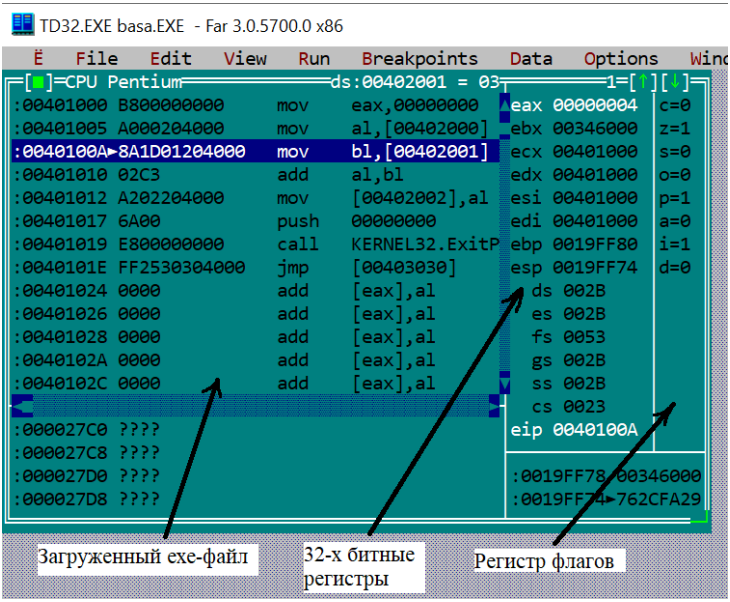


Рис. 3. Окно отладчика с загруженным исполняемым файлом.

Регистр ebx, для примера не был обнулен, а в байт bl будет помещено значение переменной y, которое как видно из загруженного исполняемого файла находится по адресу [00402001], заметим, что значение адреса на единицу больше, чем адрес памяти, по которому расположена переменная x. Здесь студенты могут увидеть реализацию принципа адресности памяти фон Неймана. Также можно продемонстрировать студентам выполнение другого принципа Джона фон Неймана: принципа однородности памяти. В соответствии с этим принципом, программы и данные хранятся в одной и той же памяти. Поэтому ЭВМ не различает, что хранится в данной ячейке памяти – число, текст или команда. В окне отладчика видно, что в регистре eip – указателе команд – находится адрес команды, которая будет выполнена следующей. Этот адрес можно увидеть левее самой команды.

Чтобы исследовать и понять, как работают регистры при выполнении различных арифметических действий, достаточно написать программу, которая, например, вычисляет среднее арифметическое пяти чисел, заданных формулой $ai = 3*(i+2)$, где i меняется от 1 до 5 (см. листинг 2).

Листинг 2

Программа нахождения среднего арифметического пяти чисел

```
includelib C:\asm\import32.lib
extrn ExitProcess:proc
.386
.model flat, stdcall
.data
    n db 5
.code
start:
     xor eax,eax
     mov bl,3
     mov ecx,0
     mov cl,n
     mov dl,0
     mov bh,1
 m1: mov al,bh
     add al,2
     mul bl
     add dl,al
     inc bh
     loop m1
     mov al,dl
     div n
     nop
     call ExitProcess,0
end start
```

С помощью данной программы можно продемонстрировать то, что некоторые регистры процессора предназначены для выполнения определенных действий, и произвести эти действия, например умножение и деление, возможно только с их использованием. Также, стоит заметить, что количество регистров ограниченно, а команд, которые необходимо выполнить программе, много, и изучить, какие средства предоставляет компьютер для выполнения программы.

Заключение

Изучение основ языка ассемблера способствует лучшему пониманию архитектуры компьютера, дает представление о том, как работает аппаратная часть компьютера. Все это не могут помочь увидеть языки высокого уровня.

Для изучения основ архитектуры компьютера можно использовать учебную программу «ЛамПанель» с сайта Константина Полякова [5].

Список литературы

1. Башарина, С. О. Исследование особенностей работы с вещественными числами / С. О. Башарина, Г. В. Гаркавенко, Е. Р. Найденкина // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XX Международной научно-методической конференции (Воронеж, 13-14 февраля 2020 г.) / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж, 2020. – С. 1791–1797.

2. Гаркавенко, Г. В. О проблемах преподавания языков программирования в педагогическом вузе / Г. В. Гаркавенко, Е. А. Кубряков // Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании : материалы XVIII Международной школы-конференции. – Воронеж, 2018. – С. 17–22.

3. 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 (Воронеж, 28 марта 2018 г.) / научный редактор В. В. Малев. – Воронеж, 2018. – С. 46–50.

4. 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.

5. Учебная модель компьютера «ЛамПанель» для изучения работы процессора: сайт Константина Полякова [Электронный ресурс] / К. Ю. Поляков. – Режим доступа : https://kpolyakov.spb.ru/prog/lamp.htm

Методический опыт организации курсовой работы первокурсников по информатике и программированию

О. Д. Горбенко, email: oleg_dan@mail.ru
О. Ф. Ускова, email: nat-uskova@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматриваются вопросы организации и методической поддержки нового элемента учебного плана по направлению обучения 02.03.02 – Фундаментальная информатика и информационные технологии. Рассматриваются требования к выполнению курсовой работы, оформлению ее результатов в виде отчета. Приводится пример отчета по курсовой работе.*

Ключевые слова: *учебный план, информатика, программирование, структуры управления, структуры данных, функции.*

Введение

В 2019-2020 учебном году в учебный процесс для студентов-первокурсников, обучающихся по направлению 02.03.02, был введен новый элемент учебного плана – курсовая работа по дисциплине «Информатика и программирование». Цель курсовой работы – закрепить и продемонстрировать знания в области базовых структур данных и структур управления и навыки в разработке программ на языке программирования с использованием функций.

Курсовая работа выполняется самостоятельно во внеаудиторное время. На ее выполнение отводится один месяц – с 1 по 30 апреля. Завершается выполнение курсовой работы представлением отчета, оформленного в соответствии с установленными требованиями, и собеседованием с руководителем курсовой работы.

1. Содержание курсовой работы

Курсовая работа по информатике и программированию состоит в программной реализации индивидуального практического задания с использованием таких языковых средств, как статические и динамические массивы данных, указатели, функция.

Основной результат курсовой работы – три программы (или три части одной программы):

© Горбенко О. Д., Ускова О. Ф., 2021

– в первой для решения поставленной задачи используется традиционный подход к объявлению и созданию статических массивов данных;

– во второй применяются языковые инструменты объявления и создания динамических массивов данных (с использованием адресной арифметики);

– в третьей части для реализации одного из многошаговых действий (в любой из предыдущих частей) следует определить и применить функцию.

Завершается выполнение курсовой работы представлением отчета, оформленного в соответствии с установленными кафедрой требованиями. Отчет должен включать следующие шесть частей.

1. Постановка задачи.

В этой части следует разместить полное описание поставленной задачи так, как оно дается в задании.

2. Описание данных и алгоритма решения задачи.

Здесь необходимо указать имена (и типы, к которым они отнесены) всех простых и структурированных данных, а также дать описание алгоритма решения задачи, для чего можно использовать известные средства описания алгоритмов. Такими средствами могут быть блок-схемы [1-2] и язык псевдокода [3-4].

3. Описание структуры программы.

Отдельные части программы на языке программирования строятся на основе разработанного и описанного в предыдущей части алгоритма с указанием, какой части алгоритма соответствует та или иная часть программы.

4. Результаты тестирования.

Вначале приводятся результаты выполнения разработанной программы для нескольких случаев входных данных, когда достоверность результата очевидна. Затем приводятся результаты выполнения программы для более сложных случаев ввода исходных данных.

5. Список использованных источников.

Здесь перечисляются источники (литература на бумажных носителях или источники в электронной форме, найденные в сети Интернет), которые были использованы при выполнении курсовой работы. В этом списке могут быть учебники, монографии, методические указания или рекомендации, web-страницы, содержащие материал, оказавшийся полезным при выполнении курсовой работы [1-6].

6. Приложение.

В этой части отчета по курсовой работе размещается полный текст программы и результаты ее работы.

Разработанный в настоящее время банк заданий для курсовой работы первокурсников, обучающихся по направлению 02.03.02, содержит 80 различных задач [1-6]. Ниже приводятся примеры таких задач.

2. Примеры постановки задачи

1. С клавиатуры вводится информация об итогах последней экзаменационной сессии. Эта информация включает в себя:

– целое число *n* – количество студентов;

– *n* объединенных в структуру данных:

```
<имя> <фамилия>  <оценка>  <оценка> <оценка>  <оценка>,
```

где *<имя>, <фамилия>* – символьные строки, содержащие не более 20 символов, *<оценка>* – десятичная цифра из диапазона ‘2’..’5’.

Требуется сформировать массив структур, в котором каждый элемент массива содержит фамилию студента и его средний балл, причем элементы массива располагаются в порядке возрастания средних баллов, и вывести этот массив на экран. Вывести также фамилии и оценки студентов, имеющих наибольшее количество отличных оценок. Для подсчета среднего балла определить и использовать функцию.

Технические требования.

В основной памяти исходные данные также следует хранить в виде массива структур.

Не допускается использование дополнительных массивов.

2. Сформировать квадратную целочисленную матрицу *A* из *m* строк, все элементы которой различны. Сформировать также массив *B* из *m* целых чисел. Требуется найти скалярное произведение вектора *B* на строку матрицы *A*, в которой расположен максимальный элемент матрицы, и удалить эту строку из матрицы *A*, сдвинув следующие за ней строки вверх. Для вычисления скалярного произведения определить и использовать функцию.

3. Оформление отчета

Приведем в качестве примера фрагмент оформленного отчета по курсовой работе и текст разработанной программы на языке С++.

/* Николай Псевдокодов, студ. 1 курса 261 группы, задание № 865

С клавиатуры вводится информация об итогах последней экзаменационной сессии. Эта информация включает в себя:

– целое число *n* – количество студентов;

– *n* объединенных в структуру данных:

```
<имя> <фамилия> <оценка> <оценка> <оценка> <оценка>,
```

где <*имя*>, <*фамилия*> – символьные строки, содержащие не более 20 символов, <*оценка*> – десятичная цифра из диапазона ‘2’..’5’.

Требуется сформировать массив структур, в котором каждый элемент массива содержит фамилию студента и его средний балл, а элементы располагаются в обратном лексикографическом (алфавитном) порядке фамилий, и вывести массив на экран. Вывести также фамилии и оценки студентов, имеющих наибольшее количество отличных оценок.

Технические требования.

В основной памяти входные данные также следует хранить в виде массива структур.

Не допускается использование дополнительных массивов.

Листинг

Текст программы

```
*/
#include <iostream>
#include <string>
#include <windows.h>

/* Входная структура студентов. */
struct student_input
{
	char first_name[20]; // Имя
	char second_name[20]; // Фамилия
	short marks[4]; // Оценки
	int best_mark_count; // Количество пятерок
};

/* Выходная структура студентов. */
struct student_output
{
	char second_name[20]; // Фамилия
	double average_mark; // Средний балл
};

/* Возвращает число студентов, считанное из входного потока.
Проверяет данные на корректность. */
int readCount();

/* Выполняет преобразование данных в информацию о студенте.
Возвращает true, если преобразование успешно.*/
bool parse_student(const int field_index, student_input&
student, std::string& data);
/* Считывает студента из входного потока. Возвращает true,
если считывание успешно.*/
bool readStudent(student_input& student);

/* Возвращает true, если b.second_name > a.second_name. */
bool comparer(student_output& a, student_output& b);
```

```
/* Сортирует массив студентов, используя comparer. */
void sort(student_output* arr, const int length, bool
(*comparer) (student_output& a, student_output& b));

int main()
{
 using namespace std;
 SetConsoleCP(1251);
 SetConsoleOutputCP(1251);

 int student_count;
 while (true)
  {
    cout << "Введите число студентов: ";
    student_count = readCount();
    if (student_count > 0) break;
    cout << "Не удалось распознать число студентов. Введите
ненулевое положительное целое число.\r\n";
   }
  student_input* students = new student_input[student_count];
  int i = 0;
  while (i < student_count)
   {
     cout << "Студент №" << i + 1 << " : ";
     if (readStudent(students[i]))
          ++i;
     else
         cout << "Не удалось распознать студента. Проверьте
соответствие: <имя> <фамилия> <оценка> <оценка> <оценка>
<оценка>.\r\n";
    }
   int max_best_marks = 0;
   student_output* result = new student_output[student_count];
   for (i = 0; i < student_count; ++i)
{
     strcpy_s(result[i].second_name, students[i].second_name);
     int mark_summ = 0;
     for (int j = 0; j < 4; ++j)
      mark_summ += students[i].marks[j];
     result[i].average_mark = double(mark_summ) / 4;
     if (max_best_marks < students[i].best_mark_count)
      max_best_marks = students[i].best_mark_count;
    }
    sort(result, student_count, comparer);
    cout << endl;
    cout << "Фамилии и средние баллы студентов (в обратном
алфавитном порядке):\r\n";
    for (i = 0; i < student_count; ++i)
      cout << result[i].second_name << " " <<
result[i].average_mark << endl;
```

Окончание листинга

```
    cout << endl;
    if (max_best_marks > 0)
    {
      cout << "Студенты с самым большим количеством
пятерок:\r\n";
      for (i = 0; i < student_count; ++i)
     {
       if (students[i].best_mark_count < max_best_marks)
            continue;
       cout << students[i].second_name;
       for (int j = 0; j < 4; ++j)
            cout << " " << students[i].marks[j];
       cout << endl;
      }
     }
     else
        cout << "Отличников не обнаружено.";
     delete[] students;
     delete[] result;
     cout << "Для продолжения нажмите любую клавишу . . .";
     cin.get();
    return 0;
}
```

Заключение

Предложенная методика организации и структура содержания курсовой работы первокурсников по дисциплине «Информатика и программирование» направлены на закрепление базовых знаний в области программирования и навыков использования языковых средств. На их основе в помощь первокурсникам разработаны методические рекомендации Саму курсовую работу следует рассматривать как пропедевтический этап обучения перед летней учебной практикой.

Список литературы

1. Ускова, О. Ф. Основы программирования : учебное пособие / О. Ф. Ускова, Н. А. Каплиева – Воронеж : Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2010. – 266 с. (Учебник Воронежского государственного университета).
2. Программирование на языке Паскаль : задачник / под ред. Усковой О. Ф. // О. Ф. Ускова, М. В. Бакланов, И. Е. Воронина, О. Д. Горбенко, Г. Э. Вощинская, Н. В. Огаркова, В. М. Мельников. – СПб. : Питер, 2002 (2003, 2005). – 366 с.
3. Ускова, О. Ф. Задачник-практикум по алгоритмическому языку / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко. – Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1990. – 196 с.

4. Ускова, О. Ф. Информатика. Начальный курс : учебное пособие для поступающих на факультет ПММ ВГУ / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко, Н. А. Каплиева. – Воронеж : Альбион, 2006. – 183 с.

5. Ускова, О. Ф. Начала структурного программирования на языке С++ : задачник-практикум / О. Ф. Ускова, Н. А. Каплиева, О. Д. Горбенко. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. – 261 с.

6. Горбенко, О. Д. Методические указания к выполнению курсовой работы по информатике и программированию / О. Д. Горбенко, О. Ф. Ускова. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. – 32 с.

Исследование новых возможностей воспитания в соответствии с ФГОС на уроках информатики с применением проектного метода

А. М. Измайлова, email: izmajlova.2012@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы, связанные с проектным методом. Рассмотрены новые возможностей в воспитании, на основе современных технологий, которые предполагает ФГОС. В заключении говорится о том, на сколько метод проектов актуален в школе будущего.*

Ключевые слова: *метод проектов, обучающая программа, воспитание гармоничной личности, ФГОС.*

Введение

В последнее время исследователи проблем современного образования все больше внимания уделяют технологии проектного метода. Это внимание с их стороны вызвано современными реформами, а именно внедрением ФГОС нового поколения. В данной работе мы попытаемся показать эффективность проектного метода в разработке компьютерных технологий для 5-9 классов на уроках информатики в воспитании гармонично развитой личности.

Приведем список новых возможностей, которые обучающийся среднего звена, должен приобрести в итоге:

– развитие самостоятельности и личной ответственности за свои поступки;

– формирование уважительного отношения к иному мнению;

– формирование эстетических потребностей, ценностей и чувств;

– развитие этических чувств, доброжелательности и эмоционально-нравственной отзывчивости, понимания и сопереживания чувствам других людей;

– умение не создавать конфликтов и находить выходы из спорных ситуаций;

– развитие навыков сотрудничества [1].

Более того, одним из принципов реформы современного школьного образования должен быть принцип строительства нового информационного пространства. Данная технология позволяет активно сотрудничать с разными школами и ДОУ, обмениваясь накопленным

© Измайлова А. М., 2021

опытом по созданию современных возможностей в воспитании. Современная концепция школьного образования имеет ориентир, прежде всего, на учет индивидуальности ребенка, его интересов и склонностей.

Строго говоря, на уроках информатики, формирование личности имеет под собой необходимость развития у школьника нравственно-этического и эстетического идеала, который становится потенциально новой задачей образования в наши дни. Содержательный блок информатики подходит к тем эмпирическим ситуациям, с которыми обучающийся имеет дело и будет закономерно сталкиваться в будущем, поэтому в нем заложен достаточно большой потенциал для формирования воспитательных возможностей.

1. Постановка проблемы

Ведущее место среди множества технологий в образовательном процессе занимает метод проектов. Термин «метод проектов» в зарубежной и отечественной литературе обозначает способ, направленный на достижение цели по разработке вполне конкретной проблемы, которая оформляется в осязаемый результат. В образовательной среде – это может быть:

– готовая презентация со слайдами по теме урока;

– учебный фильм, который демонстрирует разрабатываемую проблему;

– изготовление своими руками игрушек, подделок;

– или другого объемного материала для включения его в ход урока и т. д.

Сфера применения метода в педагогической деятельности достаточно огромна от обучения в образовательных учреждениях, как эффективный способ добывания знаний до творческих, выходящих за рамки учебного процесса, социальных проектов.

Зарождением метода считается 20 век, под руководством Шацкого С. Т. и группы его учеников активно предпринимается попытка внедрения проектных методик в образовании. Укажем на тот факт, что технология проектного метода постепенно развивалась и ее появление закономерное продолжение программы Д. Дьюи, которая утверждает, что обучение и воспитание идут неразрывно друг от друга и зависят от пяти актов мышления. Именно такой альтернативой и послужил метод проектов, в завершенном виде, как хотел того сам Дьюи в работе «Школы будущего». Но, это все были частные случаи во внедрении конкретной методики. Массовые разработки метода-проектов начались с одноименной книги В. Килпатрика («Метод проектов» – 1918г). После чего Е. Г. Кагаров провел исследование по реализации метода проектов

в России [2]. Результаты его были связаны с тем, что он выделил отличительные черты метода:

– опора на интересы детей;
– копирование проблем из взрослой жизни;
– творчество;
– самостоятельность.

Другой педагог – М. Меандров изучал этапы работы над проектом. Он описал деятельность учителя во взаимодействии с учащимися, на каждом из этапов, учитывая возрастные особенности обучающихся. Однако, самым популярным исследованием стало экспериментальное исследование – Э. Коллингса, которое доказывает преимущество метода проектов перед традиционным обучением.

В дальнейших трудах авторов, которые развивали и активно внедряли в практику отечественного образования, метод-проектов стал использоваться уже как модификация заложенных традиций в образовании 20 века. При этом все методы и формы обучения с каждым десятилетием совершенствовались и приобретали законченный вариант. На Западе к середине 20 века метод проектов остался лишь в виде теоретических разработок, утративших практическую значимость. Однако, уже в начале 80-х гг. 20 века метод проектов стал активно внедряться на Западе, а в России получил широкую известность в конце 90-х гг., как инновационный подход в образовании.

Из выше сказанного, мы можем заключить следующее, что метод проектов в своей основе содержал ряд основных особенностей, на которые обращают внимание все исследователи в этой области:

Точная дефиниция термина, ссылаясь на которую отталкивались в своих исследованиях крупные педагогики и ученые. Дело в том, что не существует, точного определения или термина, который смог описать «метод проектов» парой точных фраз. Чаще всего, все критики и апологеты данного термина сходятся во мнение, что нужно сначала разъяснить сам термин, а потом описывать свою методика и доказывать, что она новаторская.

Этапы работы – почти все авторы идут от противного в этом вопросе и утверждают, что этапов у проекта не может быть, потому что это продукт творческой деятельности, как мы говорили выше. Но, некоторые из них считают, что основные этапы все-таки существуют и это:

– выбор проблемы (актуальность);
– составление плана;
– подготовительная часть;
– выполнение проекта;

– оценка и результат проекта.

Виды проекта. Выделяют [3] в основном такие:

– проект-экскурсия;
– игровой проект;
– проект-рассказ;
– трудовой проект;
– общешкольный, индивидуальный, групповой.

Но, если мы будем ссылаться на источники, то выясним, что их достаточно большое количество и данная классификация всего лишь одна из множества разновидностей, которую дают авторы.

Роль или статус деятельности учителя. Изменяется функция учителя, он становится для учеников координатором их деятельности, проводит подготовительный этап; раздает задания и контролирует творческий процесс своих учеников. Однако, в каждой выстраиваемой модели учитель играет похожую функцию, как описано выше, но не в каждой имеет такое объяснение своим действиям.

Теперь выявим ряд актуальных проблем, которые напрямую связанны с методом проектов. Главной из них является внедрение метода проектов в среднее звено школы, а в современной практике образования. Плюсы и минусы проектного обучения по этому направлению достаточно противоречивы. Для того, чтобы разобраться в данной проблеме, узнаем за что критикуют метод проектов, ведущие педагогики.

Во-первых, возрастные особенности, иногда проект становится для среднего школьника непосильной задачей из-за огромного объема информации. Воспитанник не может найти нужной информации, не потому что ни хочет, а потому что еще не может ее искать. Именно поэтому такие проекты бедны по содержанию и в них явно прослеживается чужая рука.

Во-вторых, что вытекает из первого, это несамостоятельность изготовленного материала. Помощь родителей и неправильное истолкование требований учителя, заставляет задуматься о том, что метод проектов в средней школе не несет своего прямого эффективного результата, каким должен обладать.

В-третьих, неумение отбирать материал, даже если ребенок в состоянии выполнить проект один без помощи взрослого, то, как правило, этот проект будет состоять из одних картинок. Обучающийся не сможет ничего рассказать, и проблема будет не полностью разработана, как того хотел учитель.

В-четвертых, самая распространенная ошибка, это скачивание уже готового материала, из-за чего страдает качество выполняемого задания

и процесс обучения школьника, поскольку ученик копирует информацию из Интернета. Творческий акт в этом теряет свою прямую функцию и проект утрачивает возможности по воспитанию и развитию компетенций, на которые он направлен.

2. Решение поставленной проблемы

В рамках подтверждения в образовательном процессе проектных технологий, рассмотрим более подробно ее использование во внеклассной работе педагога и укажем на некоторые особенности, на которые нужно обратить особое внимание.

Итак, тема проекта: «Спасибо за победу!»

Актуальность проекта: проект актуален для воспитания нравственно-патриотического образования личности; толерантности и творческих способностей.

Цель – сформировать чувство патриотизма и любви к Родине.

Задачи:

– расширить представление обучающихся об истории Великой Отечественной войны;

– развивать интерес к прошлым подвигам наших соотечественников;

– воспитать уважение к памяти солдат, погибших за свою Родину.

– участники проекта – ученики 5-6 классов [4].

Этапы реализации проекта рассмотрены ниже.

Подготовительный: для того, чтобы проверить осведомленность обучающихся по данной теме, учитель, используя презентацию с картинками, проводит мозговой штурм. Как вариант, на данном этапе возможно использовать учебный фильм «Хроники войны». Класс разбивается на три группы, чтобы учащиеся продемонстрировали умения и навыки работы в команде (воспитание сотрудничества). Название команды дети придумывают самостоятельно. Каждой группе дается ряд вопросов, на которые они должны ответить коллегиально.

1 группа:

Кто из вас может назвать решающие сражения ВОВ 1941-1945 гг.?

Ответьте на вопрос закончилась ли война в 1945 г. 9 мая?

2 группа:

Назовите подвиги, какие совершали наши соотечественники за время ВОВ?

Оказывали ли помощь труженики тыла солдатам на фронте? Какую?

3 группа:

Возможно ли увековечить память героев ВОВ? Каким способом это можно сделать?

Что в современной России правительство делает для ветеранов ВОВ? Есть ли в вашей семье ветераны?

Поисковый: на данном этапе исследования дети обмениваются информацией, анализируют ее, редактируют тексты и проводят консультации.

Аналитический: эта часть исследования посвящена разработке и реализации ряда классных часов по сбору информации для викторины.

Практический: подготовка материала, который необходим для изготовления модели плаката. Учитель распределяет задания, проверяет и оценивает результаты.

Презентационный: участие в выставке среди учащихся школы.

Таким образом, подводя промежуточный итог, данная технология опирается на практический и реальный результат, потому что во время реализации заданий и смены этапов в работе над проектом выстраиваются новые отношения между субъектами образовательного процесса, расширяется образовательный кругозор, появляются организаторские способности [5]. Заметим, что все вышеперечисленное является значимым в формировании заявленных нами компетенций или возможностей воспитания, и как следствие, всесторонне развитой личности, что несомненно соответствует требованиям ФГОС.

Итак, проектный метод зарекомендовал себя, как быстро развивающая технология в современном образовании. Уже на протяжении большого отрезка времени, этот метод пользуется популярностью у современных педагогов. В связи с этим, возможности о которых пойдет речь далее, будут связаны непосредственно с методом проектов и использованием в нем такого интерактивного средства, как обучающая программа.

Основываясь на нашем опыте работы с данной технологией и интерактивными средствами обучения, мы выявили следующие особенности:

Как утверждают многие исследователи в этой проблеме, проект – всегда творческая деятельность. Однако, обучающая программа является не менее творческим проектом субъектов учебного процесса. Она способствует реализации познавательной активности школьников, давая им творческую возможность по выявлению поискового и исследовательского потенциала, такое же свойство, как нам известно, скрыто и в проектном методе.

Проект и обучающая программа соотносятся по методическим характеристикам, а это значит в предметно-содержательной области существуют моно-и-межпредметные проекты, такого же уровня на базе компьютерного обеспечения выпускаются и обучающие программы.

Некую параллель между ними можно провести и по количеству судействующих лиц, а именно есть: индивидуальные, парные и групповые. И как следствие, по продолжительности выделяют – краткосрочные, долгосрочные (среднесрочные) [6].

Самое важное, что связывает обучающую программу и проект – это конечно их взаимопроникаемость. Под этим мы понимаем то, что обучающая программа может изменить свой статус на проект, а проект стать обучающей программой, но здесь необходимо заметить тот факт, что он при этом должен быть разработан в соответствии с компьютерными требованиями (которые будут указывать на эту его способность).

Итак, мы провели коррелятивный анализ двух педагогических технологий в образовательном процессе. Теперь укажем на их общее использование в современной сфере образования, разъясним как они дополняют и активно содействуют гармоничному развитию личности школьника на всех этапах урока:

1. Становится возможным не просто доносить изложение материала до ученика, как в традиционном обучении, а включать обучающихся в процесс формирования нового, еще не изученного знания.

2. Работа по исследовательской и поисковой возможности, которую преследует метод проектов, и который распространяется в нашем случае и на обучающую программу.

3. Обучающая программа в проектной технологии может служить не просто интерактивным звеном в выполнении заданий, а может быть применена как закрепление практических умений обучающихся.

4. Доступным становится и процесс оценивания своей деятельности в проектном методе.

Изменения, которые коснулись системы образования, а это проблемы, связанные с неквалифицированными педагогами, вопросы готовности и желания воспринимать что-то новое, устаревшие подходы, послужили предпосылками для внедрения такого уровня технологий. Можно утверждать, что это и многое другое легло в основу первоначальных задач разработчиков Intel технологий, о которых пойдет речь далее. Корпорация Intel активно внедряла дистанционные формы обучения, делая свою практику все более доступной для учителей всего мира.

Следовательно, можно сказать, что программа Intel, которая действует сейчас в России, получила широкую известность и основывается на международном сотрудничестве, положившее в свою основу принцип внедрения ИКТ в образовательный процесс. В работе

по внедрению и актуализации данного процесса в действительности, принимали участие студенты педагогических вузов и учителя различных школ, создавая самые невероятные проекты. Именно эта программа завоевала множество грантов и призов за первые места во внедрении ИКТ в практику российских школ.

На этапе реализации проекта в рамках проблемно-эвристического воспитания «Обучение для будущего» производило видеоконференции для учителей по темам, предложенным ниже:

– воспитание на основе новых образовательных технологий;

– учебный проект, как элемент проблемно-эвристической модели урока в воспитании;

– использование Интернет-среды в воспитании личности школьника для разработки учебного проекта.

Следовательно, применение технологии проектного метода в образовании в современной обстановке ФГОС достаточно широко актуализируется и стимулируется неподкупным интересом школьников и их родителей, но ничто популярное не может быть совершенным. Педагогика учит нас тому, что нельзя использовать лишь один метод или технологию на уроке, насколько бы она не была востребована. Иначе говоря, она дает палитру всех красок, по смешению множества методов и технологий какие существуют, чтобы воспитать гармонично развитию личность с высоким потенциалом к умению учиться. Следовательно, наша попытка обосновать связь обучающей программы и проектного метода возможна и, как мы видим, осуществима на практике.

Заключение

Таким образом, как мы выяснили выше, в среднем звене используются не проекты в полном понимании этого термина, а так называемые, мини-проекты, которые позволяют воспитывать заявленные возможности и компетенции, что удовлетворяет требованиям ФГОС. Дети должны познавать мир «вообще», а не в отдельных примерах из жизни. Именно этим и занимаются проектные технологии. Они позволяют увидеть межпредметные связи, дать эффективный результат за небольшое количество времени; посредствам наглядного метода, который глубоко заложен в методе проектов, ребенку выпадает возможность увидеть систему знаний, а не конкретную ее область. Для педагога это достаточно богатый опыт в развитии не только когнитивных процессов, но и социальной идентичности школьника, на которую мы делаем акцент в своем исследовании.

Также необходимо помнить, что использование тех или иных информационных ресурсов одна из главных особенностей проектной деятельности с применением информационных технологий. Поэтому

очень важным на этом этапе является обсуждение со школьниками возможных источников информации, вопросов защиты авторских прав. Педагог обсуждает с учениками, как найти источники информации по теме исследования – в школьной библиотеке, в Интернет-среде или мультимедийной энциклопедии. Как пример могут служить: книги, интервью, опросы, веб-сайты, мультимедиаиздания, видеофрагменты и т. д. И везде будет один и тот же вопрос: где взять и как соблюсти авторские права? Такую подготовку целесообразно проводить фронтально со всеми обучающимися в классе. Заметим, что при обсуждении Интернет-источников необходимо особо подробно остановиться на достоверности этих ресурсов и их открытости.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования [Текст] // М-во образования и науки Российской Федерации. – Москва : Просвещение, 2013. – 62, [1] с.

2. Сиденко, А. С. Метод проектов: история и практика применения / А. С. Сиденко // Завуч. – 2013. – № 6. – С. 23-28.

3. Атласова, С. Л. Особенности организации проектно-исследовательской деятельности младших школьников в условиях реализации ФГОС // Научные исследования: теория, методика и практика : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 29 янв. 2018 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2018. – С. 64-66.

4. Барзунова, А. М. Метод проектов в 5 классах / А. М. Барзунова, М. А. Барзунов // Образование и наука в современных реалиях: материалы Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 4 июня 2019 г.). В 2 т. Т. 1 / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – 2019. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2019. – С. 120-121.

5. Зеленская, А. М. Воспитание патриотизма у младших школьников // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2018 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2018. – С. 88-89.

6. Игнатьев, Б. В. О методе проектов как основном методе работы трудовой школы // На путях к методу проектов / под ред. Б. В. Игнатьева, М. В. Крупенина. – М., 1930.

Опыт преподавания программирования в пандемию

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su [1,2]
Е. В. Касьянова, email: kev@iis.nsk.su [1,2]

[1] Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН
[2] Новосибирский государственный университет

Аннотация. *В докладе представлен курс по программированию для студентов механико-математического факультета Новосибирского государственного университета (НГУ) и опыт его преподавания в весенний семестр 2019/2020 учебного года в условиях пандемии.*

Ключевые слова: *курс программирования, пандемия, практикум по программированию, преподавание в вузе, экзамен.*

Введение

Дисциплина «Программирование», представленная в данном докладе, традиционно реализуется на механико-математическом факультете НГУ во 2 семестре в рамках основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки «01.03.02 Прикладная математика и информатика», профиль «Прикладная математика и информатика» и «01.03.03 Механика и математическое моделирование», профиль «Механика и математическое моделирование» очная форма обучения.

Задачи освоения дисциплины – это овладение студентами навыками точного формулирования алгоритмов на языках высокого уровня и развитие у студентов алгоритмического мышления посредством упражнений в пошаговой разработке программ. В результате обучения студенты должны иметь представление о проблемах и понятиях программирования, о различных сторонах программирования – как инженерной деятельности, как методологии и как научной дисциплины – и их взаимосвязи; владеть методологией разработки эффективных и корректных алгоритмов на языках высокого уровня, а также практически освоить все этапы разработки надежной и наглядной интерактивной (диалоговой) программы для решения несложной задачи, требующей разработки алгоритма, обработки сложных структур данных и создания дружеского интерфейса.

Преподавание данной дисциплины ведется для порядка 120 студентов механико-математического факультета, разбитых на 9

© Касьянов В. Н., Касьянова Е. В., 2021

учебных групп, и предусматривает следующие виды учебной работы: лекции одновременно для всех студентов (2 часа в неделю), практические занятия для студентов каждой группы (2 часа в неделю), лабораторные занятия для студентов каждой группы (2 часа в неделю), а также самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа включает: разбор лекционного материала, выполнение индивидуальных домашних и лабораторных заданий, подготовку к контрольным работам, подготовку к устному экзамену, который проводится в конце 2 семестра.

Поэтому ситуация, вызванная пандемией, привела к необходимости перевести в дистанционный формат такие виды учебной работы как лекции, практические занятия, лабораторные занятия и экзамен.

1. Лекции и семинарские занятия

Традиционно в основу нашего курса положен принцип концентрического изложения материала (см., например, [1, 2]). Предполагается, что с первых занятий студенты начинают упражняться в составлении программ (в последние годы на языке С), которые могут реально выполняться на доступных компьютерах, и постепенно овладевают навыками разработки на языках высокого уровня линейных, ветвящихся и итеративных алгоритмов, алгоритмов со структурами данных и подпрограммами. Также постепенно, одновременно с расширением класса решаемых задач, студенты углубляют свои знания о языках высокого уровня. Другими основными методическими и технологическими принципами, на которых также традиционно базируется наш 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.

Семинарские занятия проходят по следующему плану.

– Понятие алгоритма и программы. Построение линейных программ обработки числовых данных.

– Стандартные и конструируемые простые типы данных. Построение ветвящихся программ.

– Операторы цикла с условием на продолжение и окончание. Обработка текстов и числовых последовательностей переменной длины.

– Типы структур. Обработка последовательностей структур переменной длины.

– Типы массивов. Операторы цикла с параметрами. Задачи сортировки и поиска.

– Обработка таблиц и матриц.

– Промежуточная контрольная на составление двух программ, одна из которых требует обработки матрицы, а другая – обработки таблицы.

– Файлы. Задача внешней сортировки.

– Подпрограммы: процедуры и функции.

– Рекурсия. Рекурсивные методы поиска и сортировки. Порождение комбинаторных объектов.

– Указатели. Работа со списками, очередями и стеками.

– Древовидные структуры и их реализация. Обходы деревьев.

– Графы и их реализация. Алгоритмы обработки графов.

– Модули и модульное проектирование программ.

– Итоговая контрольная. Состоит из двух задач, первая из которых требует построения программы для обработки последовательности матриц с использованием подпрограмм с параметрами, а вторая – рекурсивной подпрограммы для обработки дерева.

Все занятия по курсу в 2019/2020 учебном году начались в начале февраля в обычном очном формате и в аудиториях НГУ, но уже в середине марта перешли в дистанционный формат.

Сначала это коснулось лишь лектора В. Н. Касьянова и семинаристов возраста 65+, которые стали приходить в здания НГУ, чтобы в пустых аудиториях читать лекции и вести занятия дистанционно через Zoom или Google Meet. А затем уже к концу марта для всех преподавателей и студентов университет закрыли для посещения, и все

лекции и семинарские занятия стали проходить удаленно и вне университета через Zoom или Google Meet.

Оказалось, что данные программы достаточно удобны с точки зрения поддержки нашей традиционной практики очного проведения лекций и семинаров, когда преподаватель либо рассказывает новый материал, используя доску и отвечая на вопросы студентов, либо вызывает одного из студентов к доске и вместе с другими студентами помогает ему решать некоторую задачу.

2. Лабораторные занятия

Основной задачей лабораторного 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.

Во время лабораторных работ студент выполняет домашние задания в виде решения десяти несложных задач, заданных ему в ходе семинарских занятий, а также выполняет индивидуальное семестровое задание, подробные рекомендации по выполнению которого содержатся в учебном пособии [3], а также в главе 8 книги [2].

Каждая домашняя задача и каждая задача, предлагаемая студентам в рамках контрольных работ, – это небольшая задача по программированию, взятая из первых семи глав книги [2]. Каждое индивидуальное семестровое задание состоит из трех индивидуальных более сложных задач, взятых из разных тематических разделов (графы и системы дорог; грамматики, языки и автоматы; формулы и программы; геометрия; игры и модели) учебного пособия [3] или главы 8 книги [2].

Каждая сданная домашняя задача оценивается в 1 балл, а полностью сданное индивидуальное лабораторное задание – в 30 баллов (по 10 баллов за каждую из трех задач, составляющих задание). За каждую из двух контрольных работ, выполняемых студентами в ходе семинарских занятий, студент может получить 0, 3, 4 или 5 баллов.

Каждая задача, входящая в индивидуальное семестровое задание, – это самостоятельная, как правило, комбинаторная или логическая задача с краткой и четкой формулировкой, не содержащей описания алгоритма.

Предполагается, что студент, решая задачу, создает интерактивную С-программу, которая за один запуск может обрабатывать не отдельный входной набор, а последовательность входных наборов произвольной длины. Эти входные наборы либо заранее размещаются в специальных «входных» файлах программы, предъявляемых преподавателю вместе с

разработанной программой, либо задаются пользователем программы в процессе ее исполнения.

Таким образом, разработанная студентом программа после завершения обработки очередного входного набора в зависимости от указания пользователя может либо завершить свою работу (остановиться), либо продолжить ее и перейти к обработке следующего входного набора. В последнем случае программа может вступить в диалог с пользователем, в процессе которого пользователь программы может подготовить и инициировать новый счет по программе. Для этого он может либо осуществить весь очередной ввод с помощью клавиатуры и мышки, либо дать указание программе, из какого файла ей нужно взять необходимые данные.

При этом, создавая программу обработки последовательности наборов входных данных, совсем не требуется создавать программу так, чтобы при ее переходе к обработке следующего входного набора этот набор каждый раз целиком задавался заново. В частности, во многих заданиях удобно разделить входной набор на две части, выделяя более общие (как правило, более объемные) исходные данные задачи в отдельную часть, и предусмотреть специальный вид реализации счета по программе на последовательности входных данных набора, различающихся второй частью, без необходимости повторного задания первой.

Например, в задаче нахождения кратчайшего пути между двумя заданными вершинами заданной системы дорог такой более общей частью входного набора является система дорог. Поэтому естественно решение, при котором система дорог является общей для нескольких следующих друг за другом счетов по программе. В этом случае каждый раз, переходя к новому счету по программе, пользователь может выбрать один из следующих двух вариантов продолжения работы: осуществить ввод очередной системы дорог из заданного файла с выводом ее изображения на экран; запустить нахождение кратчайшего пути между двумя заданными городами в текущей системе дорог.

Для проведения лабораторных занятий в дистанционном формате большинство преподавателей использовало Skype. Практика показала, что данная программа позволяет в наибольшей степени обеспечивать поддержку нашего традиционного сценария очного проведения лабораторных работ, когда все студенты группы работают над своими заданиями под наблюдением преподавателя и могут в любой момент обратиться к нему за консультацией, а преподаватель наблюдает за работой студентов, взаимодействует с ними по очереди, консультирует

их и принимает задания у студентов, которые демонстрируют работу созданных ими программ на своих компьютерах.

3. Экзамен

Проведение консультации, экзамена и пересдач осуществлялось также дистанционно и потребовало разработки соответствующих сценариев проведения экзамена и пересдач, причем, в двух разных вариантах: для студентов и для преподавателей.

Ниже мы приводим сценарий проведения экзамена для преподавателей, который состоит из трех последовательных этапов: до экзамена, проведение экзамена и после экзамена. Отметим, что каждая задача, включенная в список задач для экзамена, упоминаемый в сценарии, требует построения программы для обработки последовательностей матриц произвольной длины. Формулировка каждой такой задачи содержит унарную функцию Φ, реализация которой имеет вид гнезда из двух вложенных циклов с вычислениями не только вне внешнего цикла и внутри вложенного цикла, но и вне вложенного цикла, но внутри внешнего цикла.

3.1. До экзамена

Всем участвующим в экзамене следует ознакомиться с функционалом Zoom и со сценарием экзамена. В процессе экзамена нужно организовывать все конференции через приложение Zoom, установленное на вашем компьютере (не используйте для этого браузер).

Не позже чем за день до экзамена лектор (куратор) рассылает семинаристам (экзаменаторам) их аккаунты в Zoom, список задач для экзамена, а также число N.

Каждый экзаменатор начинает готовить отчет об экзамене, заполняя всю информацию о студентах, сдавших ему экзамен досрочно. Для каждого студента экзаменатор заполняет информацию о его билете, состоящем из теоретического вопроса $((XYZ+N) \bmod K)+1$ и задачи $((XYZ+N) \bmod M)+1$, где XYZ – последние три цифры номера зачетки студента, K – количество вопросов по курсу, M – количество задач для экзамена, а N – число, присланное куратором.

При оценивании ответа студента на экзамене экзаменатор использует следующие правила:

– оценка не может быть положительной, если студент не набрал 46 баллов за работу на семинаре,

– оценка не может быть положительной, если нет правильного описания унарной функции Φ, присутствующей в формулировке задачи,

– ответ нельзя оценить на «хорошо» или «отлично», если студент не предоставил такого правильного решения задачи, которое может обрабатывать входную последовательность матриц, длина которой превышает размер используемой программой памяти (в частности, не признается решение, в котором вся входная последовательность вводится в некоторый массив) и содержит, помимо функции Ф, процедуру с параметрами,

– оценка не может превышать оценки за ответ на теоретический вопрос.

3.2. Проведение экзамена

8:30. Каждый студент убеждается, что у него есть и работают Интернет, наушники, микрофон, камера, есть Zoom.

8:45. Каждый экзаменатор организует свою конференцию в Zoom с включенным залом ожидания и приглашает на нее студентов своей группы. Каждый студент при регистрации представляется, называя себя, показывает на камеру свой паспорт, студенческий билет или зачетную книжку.

9:00. Экзаменатор каждому зарегистрированному и набравшему не менее 46 баллов студенту (и куратору) на университетскую почту высылает его задачу в письме с темой «Экзамен по программированию» следующего содержания «Здравствуйте! Отправьте до 9.45 ответное письмо мне и лектору с текстом программы для решения следующей задачи: …». Всех остальных зарегистрированных студентов экзаменатор отправляет на пересдачу, заполняет отчет и просит студентов покинуть конференцию.

Студент решает полученную им задачу на языке C или Pascal, не выключая камеру, и отсылает ответным письмом экзаменатору и куратору написанный им в любом редакторе текст программы. Получив решение, экзаменатор в чате сообщает студенту его теоретический вопрос. После этого студент отключается от конференции, готовит ответ на теоретический вопрос, пользуясь литературой, и до 10:15 отсылает экзаменатору и куратору подготовленный им файл с ответом. Затем студент опять подключается к конференции.

Экзаменатор фиксирует все моменты, когда изображение студента «пропадает» во время решения задачи. Если проблемы с изображением повторяются или время отсутствия изображения достигает 15 минут, студент отправляется на пересдачу, а в ведомость ему проставляется «неявка». При предоставлении в деканат документов, подтверждающих проблемы со связью, «неявка» будет по уважительной причине.

9:45. Всех тех студентов, кто не отослал решения задачи до этого времени, экзаменатор отправляет на пересдачу, заполняет отчет и просит студентов покинуть конференцию.

Если найдется студент, который не пожелает покидать конференцию, экзаменатор организует новую конференцию (с включенным залом ожидания) и приглашает на нее продолжающих сдавать экзамен студентов и куратора.

10:15. Всех тех студентов, кто не прислал ответа на теоретический вопрос до этого времени, экзаменатор отправляет на пересдачу.

Экзаменатор включает запись, называет себя, название предмета и дату, проводит собеседование с оставшимися студентами, «запуская» из их зала ожидания в порядке их второго подключения и сообщая им о том, что ведется видеозапись сдачи:

– студент представляется, называя себя и демонстрируя на камеру свой документ,

– экзаменатор выводит на экран присланную студентом программу и обсуждает с ним решение задачи, выводит на экран присланный студентом ответ на теоретический вопрос и слушает комментарии студента, задает студенту дополнительные вопросы, на которые студент отвечает без подготовки,

– по окончании собеседования экзаменатор называет студенту его оценку, заполняет отчет, просит студента покинуть конференцию и «запускает» следующего.

Экзаменатор завершает экзамен не позже 14:00. После завершения конференции он должен дождаться, пока обработается и сохранится видеозапись, и затем переписать ее себе.

Если в ходе экзамена запись пришлось прервать (например, наступило время запланированного перерыва), нужно сказать вслух, что завершена очередная часть записи, а затем при ее восстановлении сказать, что начата следующая часть записи.

3.3. После экзамена

Экзаменатор готовит и (не позже чем через 3 часа) отсылает куратору отчет об экзамене, в котором он указывает следующую информацию о каждом студенте своей группы:

– ФИО студента;
– номер зачетки;
– задача;
– теоретический вопрос;
– оценка;
– обоснование оценки;
– описание конфликтных ситуаций, если они возникали,

а также дает свои предложения по улучшению сценария экзамена, если они есть.

Например, для оценки «неявка» возможны следующие варианты обоснования: «неявка студента», «неоднократное отключение студента», «отключение студента более чем на 15 минут», «неоднократное отключение камеры студента» или «отключение камеры студента более чем на 15 минут»), а для оценки «неудовлетворительно»: «недобор баллов», «несамостоятельность студента при написании программы», «непредставление программы в срок», «неправильность функции Ф », «непредставление в срок ответа на теоретический вопрос», «неудовлетворительный ответ на теоретический вопрос» или «неудовлетворительный ответ на такой-то дополнительный вопрос».

Заключение

Отметим, что наш опыт преподавания программирования в пандемию был довольно успешным, хотя и потребовал дополнительных усилий как от студентов, так и от преподавателей. Тем не менее, у нас получилось перенести в дистанционный формат все формы обучения, сохранив их диалоговой характер. Это во многом определилось, на наш взгляд, следующими тремя основными причинами. Во-первых, тем, что все преподаватели, участвующие в занятиях со студентами, занимаются программированием профессионально, что позволило им без особых сложностей овладеть новыми технологиями цифрового обучения. Во-вторых, тем, что все преподаватели и практически все студенты вне зданий университета и без привлечения университетских ресурсов были обеспечены техническими средствами и возможностями, позволяющими проводить дистанционное обучение. Третья причина — это развитость сайта НГУ с точки зрения поддержки процесса обучения, его удобства для организации как индивидуального, так и группового взаимодействия по почте и через локальные диски между всеми студентами и преподавателями, вовлеченными в процесс обучения.

Понятно, что дистанционное обучение не во всем хуже очного, поскольку обладает известными достоинствами, главным образом, связанными с его большей доступностью. В нашем случае они тоже проявились, хотя и не без некоторых негативных последствий. Например, каждый студент или преподаватель легко может записать и в дальнейшем произвольным образом использовать запись любого этапа дистанционного обучения. Понятно, что возможность повторного просмотра лекции или семинара полезна большинству студентов, но на практике такая возможность приводит к тому, что существенная часть студентов перестает участвовать в текущем учебном процессе, откладывая просмотр и изучение материала на потом. Также при

дистанционном формате преподавателю становится проще проверять программы студентов, поскольку нет необходимости разбирать каракули студентов, которые теперь пишут контрольные работы и программы на экзамене с использованием языкового редактора, но при этом труднее добиться, чтобы студенты писали их самостоятельно.

Список литературы

1. Касьянов, В. Н. Вопросы подготовки специалистов по программированию // Проблемы информатики и ее применения в управлении, обучении и научных исследованиях. – София : СУ им. Климента Орхидского, 1985. – С.138–148.

2. Касьянов, В. Н. Курс программирования на Паскале в заданиях и упражнениях. – Новосибирск : НГУ, 2001. – 448 с.

3. Касьянов, В. Н. Практикум по программированию / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск : НГУ, 2013. – 198 с.

Тестирование как метод контроля знаний учащихся при обучении программированию

Н. В. Кожуренко, email: kozhurenko@msu.by
Л. А. Мороз, email: moroz@msu.by

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Аннотация. *Одной из основных и сложных задач для любой образовательной системы, в том числе и для учреждения высшего образования, является оценка знаний учащихся. В данной работе рассматриваются возможности и особенности использования тестового контроля знаний студентов при изучении основ программирования.*

Ключевые слова: *компьютерное тестирование, тестовый контроль, классификация тестовых заданий.*

Введение

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.

В процессе обучения очень важно иметь объективные данные о качестве овладения материалом учащимися, о недостаточности знаний или трудностях в усвоении определенных тем курса, чтобы своевременно принять необходимые меры.

Для оценки качества знаний учащихся используются различные формы: опросы, самостоятельные работы, контрольные работы, курсовые работы. Действенность каждой из них зависит, в том числе, от преподаваемой (изучаемой) дисциплины. Эффективность обучения программированию также оценивается путем систематического качественного контроля знаний [1]. Наиболее распространенный способ диагностирования успеваемости студентов предполагает личное общение, при котором часто имеет место субъективность, пристрастность.

© Кожуренко Н. В., Мороз Л. А., 2021

1. Тестовый контроль знаний учащихся

Использование компьютерного тестирования для контроля знаний студентов имеет ряд преимуществ [2]:

– тестирование является более объективным способом оценивания, оно ставит всех учащихся в равные условия, как в процессе контроля, так и в процессе оценки, исключая субъективизм преподавателя;

– тестирование – более качественный способ оценивания, позволяющий выявить знания учащегося по всему курсу, исключив элемент случайности при вытаскивании билета;

– тестируемый студент получает результаты сразу по завершении теста, часто имея возможность просмотреть неверные ответы;

– тестирование более эффективно с экономической точки зрения, т. к. основные затраты при тестировании приходятся на разработку качественного инструментария, то есть имеют разовый характер;

– тестирование стимулирует познавательную активность студентов.

Однако нельзя не отметить и недостатки использования данной формы контроля:

– разработка качественного компьютерного теста – длительный, трудоемкий процесс;

– тест не позволяет проверять и оценивать высокие, продуктивные уровни знаний, связанные с творчеством;

– обеспечение объективности и справедливости теста требует принятия специальных мер по обеспечению конфиденциальности тестовых заданий;

– в тестировании присутствует элемент случайности, возможность угадывания ответа.

Грамотная работа преподавателя позволяет избежать некоторые из них. Так, например, в целях сохранения конфиденциальности тестовых заданий, можно вносить изменения в задания при повторном использовании теста. Для того чтобы свести к минимуму возможность угадывания, нужно использовать различные формы тестовых заданий, в том числе без предложенных вариантов ответов.

2. Особенности использования тестовых заданий при обучении программированию

Тестовые задания, используемые нами при обучении программированию, можно разделить на группы по форме предполагаемых ответов:

1. задания закрытой формы с единственным правильным ответом, который выбирается из нескольких представленных;

2. задания открытой формы, где ответ вводится самостоятельно;

3. заданиями на установление соответствия, в которых элементам одного множества требуется поставить в соответствие элементы другого множества;

4. задания, в которых требуется установить правильную последовательность каких-то действий, шагов, операций и т. п.

Первая группа – это простейший вид задания, в котором правильный ответ уже имеется, и задача состоит в его узнавании. Примером такого задания является следующее.

1. Что из перечисленного является правильным значением логического типа по умолчанию в языке программирования C#?

1) 0;
2) 1;
3) True;
4) False.

Ко второй группе относятся задания, которые конструируются в виде утверждения, рядом с которым готовые ответы с выбором не приводятся. Испытуемый сам дописывает в отведенном для этого месте свой ответ так, чтобы в результате получилось истинное высказывание. Эта форма задания сводит возможность догадки к минимуму. Примером такого задания является следующее.

2. Каким будет вывод в C # .NET фрагменте кода, приведенном ниже?

```
namespace IndiabixConsoleApplication
{
    class SampleProgram
    {
        static void Main (string[ ] args)
       {
            string str= "Hello World!";
            Console.WriteLine(String.Compare(str,"HelloWorld?"
).GetType() );
        }
    }
}
```

В третьей группе заданий на каждый элемент слева должен быть найден, по крайней мере один, элемент справа, а каждому элементу справа должен соответствовать только один элемент слева. Число элементов в правом столбце, как правило, больше числа элементов в левом.

3. Примером такого задания является таблица ниже.

Таблица

Укажите соответствие типов данных в языке C#

1	Целочисленные типы	bool	A
		int	B
		string	C
2	Типы с плавающей точкой	float	D
		byte	E
		double	F
		char	G

К четвертой группе относятся задания на установление правильной последовательности. Они используются для проверки понимания хода процесса, цепочки событий, действий и операций, а также определений и понятий. Такие тесты помогают формировать у учащихся алгоритмическое мышление. Задания этой формы полезны как в качестве средства контроля знаний, так и в качестве средства обучения. Примером такого задания может быть следующее.

4. Расположите операторы программы в верном порядке:
1) else c=a*5;
2) c=20;
3) if;
4) (a>5) && (b<=10).

Использование тестов позволяет не только выявить уровень знаний студентов по программированию, оценить качество усвоения ими учебного материала, но и мотивировать на более глубокое изучение дисциплины. Тесты способствуют развитию умственной деятельности, благотворно влияют на развитие интуиции и логического мышления и позволяют провести более широкий и более глубокий контроль над качеством усвоения материала. Все это говорит о целесообразности использования тестового контроля при обучении программированию.

Нами разработаны тестовые задания по различным разделам курса «Технологии программирования и методы алгоритмизации» [3], которые активно используются для промежуточного контроля знаний по предмету. Кроме того, имеется возможность адаптировать тесты для различного уровня подготовки студентов, постепенно повышать сложность заданий, тем самым добиваться достаточного качества знаний.

Заключение

Сегодня, в век современных информационных технологий, преподаватель имеет возможность выбора среди множества технических и программных средств для использования на своих занятиях

(лекционных, практических), в том числе для контроля качества знаний учащихся.

При обучении студентов широко используются в основном тесты достижений. Они позволяют дать оценку достигаемого уровня развития навыков и знаний. Перед нами стоит задача − перейти к фрагментарному включению тестов способностей, т. е. к применению таких заданий, которые позволяют оценить потенциальные способности человека решать различные задачи в сфере программирования.

Список литературы

1. Звонников, В. И. Современные средства оценивания результатов обучения / В. И. Звонников, М. Б. Челышкова. – М. : Академия, 2007. – 224 с.

2. Кожуренко, Н. В. Применение современных информационных технологий для оценки качества знаний учащихся / Н. В. Кожуренко, О. В. Шконда // 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, 20-21 февраля 2019 г. / Министерство образования Республики Беларусь, МГУ имени А. А. Кулешова . – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2019 . – С. 375-379.

3. Мороз, Л. А. Технологии программирования и методы алгоритмизации : контрольные задания / Л. А. Мороз. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2018. – 66 с.

Развитие цифровой трансформации образования: российский и зарубежный опыт

О. А. Козлов, email: ole-kozlov@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт стратегии развития образования Российской академии образования» (ФГБНУ ИСРО РАО)

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы развития цифровой трансформации образования в России и за рубежом, оцениваются направления реализации внедрения цифровых технологий в США и европейских странах.*

Ключевые слова: *информатизация образования, цифровые технологии, информационная деятельность.*

Введение

Современный период информатизации общества привел к расширению понятийного аппарата информатизации образования как области педагогической науки, что обусловило модификацию научных взглядов на теоретические и методические основания реализации возможностей цифровых технологий для развития образования [1]. Рассматриваются такие понятия как цифровизация информационного взаимодействия, цифровизация информационной деятельности, цифровизация образовательных услуг. Суть цифровой трансформации образования состоит в том, чтобы каждым были достигнуты необходимые образовательные результаты за счет персонализации образовательного процесса, включая применение методов искусственного интеллекта, средств виртуальной реальности; развития в учебных заведениях цифровой образовательной среды; обеспечения общедоступного широкополосного доступа к Интернету, работы с большими данными [2]. Следует отметить, что для реального продвижения в области цифровой трансформации образования необходимо опираться как на достижения отечественной науки, так и на мировой опыт.

1. Проблемы цифровой трансформации общего среднего образования

В области образования, в рамках национального проекта развития до 2024 г., реализуется приоритетный федеральный проект

© Козлов О. А., 2021

«Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» [3]. В процессе реализации данного проекта предполагается «модернизировать систему образования и профессионального обучения, привести образовательные программы в соответствие с потребностями цифровой экономики, широко внедрять цифровые инструменты образовательной деятельности и комплексно интегрировать их в информационную среду, обеспечивающую возможность обучения граждан по индивидуальной учебной программе на протяжении всей жизни – на любое время и в любом месте» [4].

Исходя из реализации указанного проекта и поставленных задач, вытекает необходимость выяснения некоторых аспектов нашей системы образования и, прежде всего, среднего школьного образования, а именно:

– анализ состояния отечественного среднего образования при переходе к цифровым технологиям и проблемы, вызванные этим переходом;

– уровень и компетентность школьно-преподавательского состава в отношении цифровых технологий;

– перечень и наличие инструментов и ресурсов цифровой трансформации образования, используемых в образовательном процессе;

– ключевые отличия российской системы среднего образования от зарубежной.

– способы и методы использования цифровых технологий с привлечением инструментов и ресурсов.

И. В. Роберт к позитивному влиянию использования цифровых технологий относит следующие [5]:

– интеллектуализация информационной деятельности как обеспечение субъектов образовательного процесса многовариантным причинно-следственным анализом данных (информации) обо всех аспектах данного процесса с последующей обработкой, визуализацией, получением и сохранением результатов для их открытого предоставления и совместного использования всеми заинтересованными участниками образовательного процесса;

– информационное взаимодействие между субъектами процесса обучения и другими заинтересованными лицами в многолюдной виртуальной среде (на базе MS, MOOC, Moodle, Zoom, MS Teams) с возможностью представления, сохранения, передачи информации любых объемов и в любой форме;

– управление высокотехнологичным оборудованием образовательной организации неподготовленным пользователем в

условиях предоставления обучающемуся инструмента исследования, моделирования, имитации изучаемых объектов, процессов как реальных, так и виртуальных, а также проектирования виртуальной предметной области адекватно определенному содержательно методическому подходу;

– мультипредметное представление учебного материала как представление изучаемого объекта или процесса в контексте содержательных аспектов различных предметных областей, исходя из разных концептуальных подходов (философский, социологический, естественно-научный и др.);

– реализация гипертекстовой и гипермедийной форм представления учебного материала, позволяющая значительно увеличить его объем, расширив как тематику, так и спектр его представления, облегчая поиск, интерпретацию и выбор нужного содержательного аспекта;

– реализация организационных форм и методов обучения адекватно современным научно-исследовательским методам познания изучаемых закономерностей природных явлений и социальных проявлений как реально протекающих, так и виртуально представляющих на экране реальные или абстрактные объекты и процессы;

– появление новых средств обучения, функционирующих на базе информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), как аналоговой, так и цифровой формы реализации (электронный учебник, информационная система образовательного назначения, цифровой образовательный ресурс, компьютерные диагностические средства автоматизации контроля учебной деятельности и пр.), использование которых существенно повышает мотивацию обучения и обеспечивает самостоятельность при решении учебных задач;

– расширение видов учебной деятельности (автоматизация поиска, обработки, формализации, продуцирования, тиражирования учебной информации; высокоскоростная автоматизация контроля любых объемов результатов обучения; создание электронного (цифрового) образовательного ресурса;

– управление моделями изучаемых объектов, процессов, представленных на экране;

– экспериментально-исследовательская деятельность на базе виртуального лабораторного оборудования и пр.).

В то же время, анализ информационной базы подготовленности среднего образования к цифровой трансформации образования показал следующие негативные моменты [6-7]:

– отсутствие развитой методики внедрения цифровых технологий в педагогический процесс;

– отсутствие универсальных авторских методик обучения с использованием ресурсов цифровой образовательной среды (применение современных мобильных устройств, гаджетов, интерактивного оборудования, а также веб-сервисы, мобильные приложения и альтернативное программное обеспечение в образовании);

– низкие технические возможности педагогических университетов, отстающие от технического оснащения современной школы, что не позволяет проводить качественную подготовку учителей, а студентам выбирать формы и методы обучения на различных типах занятий в развивающей цифровой образовательной среде, обеспечивающей возможности прямого и дистанционного информационного взаимодействия.

Что касается компетентности преподавательского состава среднего образования, то специалисты отмечают следующие отрицательные моменты [7]:

– уровень информационной некомпетентности современных учителей (особенно учителей нетехнологических предметов), не позволяющий эффективно использовать современные технические средства и образовательные технологии в учебном процессе;

– психологическая неготовность многих учителей принимать нововведения и отказаться от традиционных форм и методов обучения, что связано с их незаинтересованностью и неуверенностью в использовании современных информационных технологий;

– недостаточная вовлеченность будущих учителей в работу со специализированными электронными образовательными ресурсами.

В этой связи, как отмечают аналитики [8], цифровая трансформация образования приводит к его радикальной качественной перестройке, где современный учитель обязан научиться применять новые технологические инструменты и практически неограниченные информационные ресурсы в профессиональной деятельности. Технологии виртуальной реальности создают уникальную возможность использования различных программ-тренажеров, которые не относятся к единому рабочему месту. Технологии мобильного обучения дают возможность учиться в любое время и в любом месте. В то же время цифровая среда требует от учителей иной менталитет, формирование нового взгляда на мир, совершенно другие способы и формы работы.

Для решения указанных проблем, как отмечают специалисты и аналитики [7], первоочередной задачей является:

– активизировать деятельность средних учебных заведений в модернизационных процессах. Реализация проекта «Цифровая школа» должна начаться с создания условий для подготовки учителей, способных и готовых постоянно обновлять свои знания, чтобы вовлекать в непрерывный процесс улучшения форм, средств и методов обучения с использованием цифровых технологий. Важным шагом для достижения этой цели является создание цифровой образовательной среды, в которой выделяются следующие аспекты в деятельности средних учебных заведений:

– психолого-педагогические – необходимо развивать психолого-педагогические технологии и методы подготовки учителей к активному участию в процессе цифровой трансформации образования;

– технологический – цифровая трансформация образования может быть эффективна только при создании современных «цифровых классов» на базе общеобразовательных школ, оснащенных техническими устройствами (гаджеты, интерактивная доска, 3D-принтер, устройства для организации видеоконференций, умная светотехника – поддержание температуры, света и влажности в классе) [5].

Что касается инструментов цифровой трансформации образования, которые могут быть использованы в образовательном процессе, то к ним, по мнению некоторых специалистов, могут быть отнесены:

– интерактивная доска;
– среда мобильного обучения;
– планшеты;
– компьютеры / ноутбуки.

К цифровым ресурсам можно отнести Интернет, мультимедиа, анимация, игра, образовательное программное обеспечение, фильмы/видео, видеоконференции [5].

2. Сравнение цифровой трансформации российской системы среднего образования с зарубежными аналогами

Использование инструментов и ресурсов цифровой трансформации образования напрямую связано с методами и способами их использования, которые зависят от особенностей системы образования. Сравнение российской системы среднего образования с зарубежными аналогами, прежде всего, американской и швейцарской, показало, что для успешной цифровой трансформации образования российского образования следует заимствовать положительные элементы из зарубежных систем образования.

Так, в американской модели [8], уже в младшей школе учащиеся приспосабливаются к работе в команде, занятия проходят в форме игр и

интерактива между небольшими группами школьников (5–6 человек), и знания приобретаются в процессе обсуждения, причем наибольшее внимание уделяется тем вопросам, которые оказались самыми интересными на взгляд самих обучающихся, а круг важных тем определяется путем голосования.

Американские специалисты считают [8], что информация усваивается гораздо лучше при визуальном восприятии, и поэтому ученики все свои записи сопровождают рисунками, а лекторы используют на занятиях подход, позволяющий развить у ребенка творческие способности, а также действительно помогающий структурировать и систематизировать информацию. Примечательно, что в американской школе есть несколько уровней продвинутого обучения для одаренных детей: с нулевого по второй класс, с письменного разрешения родителей, таким детям дают более сложные задания. А если в конце второго класса ребенок квалифицировался на «advanced academic programm», то он будет учиться по специальной программе, в отдельном классе.

В Швейцарии обязательным средним образованием считают начальное и первую ступень среднего и проходят этот этап с 6 до 15 лет. Важно отметить, что группы обучения делятся следующим образом:

– Для желающих продолжить обучение в вузах и получить высшее образование.

– Классы, в которых дублируется материал первой группы, однако интенсивность усвоения более спокойная. Это группа для еще не определившихся ребят.

– Классы для детей, которые по каким-либо причинам не справляются с усвоением школьной программы. Стоит сказать, что у детей этой группы есть возможность попасть в класс другого уровня, однако для этого нужно приложить немало усилий.

– Классы для детей, которые планируют после окончания обучения попасть в особые гимназии с периодом обучения 6 лет [7].

Следовательно, главной особенностью американской и швейцарской систем обучения является приближенность программ к жизненным реалиям, их прикладной характер. Как показал анализ позиций специалистов, российской системе именно этого и не хватает и следует учесть из американского опыта использование игр, интерактива, рисунков и др. визуальных элементов обучения, а из швейцарского – индивидуальный подход к каждому учащемуся [8].

Данные подходы, а также активное внедрение цифровых технологий возможны с использованием эффективных схем, например, таких, как адаптивная технология, суть которой заключается в

самоконтроле учащихся, когда задача учителя меняется и его главная цель – не дать ребенку новые знания, а обучить его, как их правильно искать и использовать. Полный переход к адаптивной технологии связан с увеличением непрерывного управления всей системой работы учащихся при помощи сетевого плана. Сетевой план является моделью учебного процесса, которая позволяет каждому ученику видеть наглядно все, что он должен выполнить за две недели, за месяц, за четверть.

Таким образом, происходит персонализация учебного процесса, учителю больше не нужно опираться на среднего ученика, каждый из учащихся занимается по своей собственной траектории, выявляя тем самым свои способности и слабости. Следуя этой технологии, по мнению специалистов, достигается важная цель – обучение ребенка навыку самостоятельной работы.

Основное внимание в США и Великобритании при диалоговом обучении уделяется посреднической роли цифровых технологий – например, планшетов, интерактивных досок и компьютерных средств коммуникации – в создании возможностей для накопления коллективных знаний в классах. Сторонники компьютерно-поддерживаемого совместного обучения предполагают, что «технологически опосредованные формы дискурса и взаимодействия могут обеспечивать новые формы обсуждения». Таким образом, традиционная концепция диалога может быть расширена, чтобы включить семиотическую опосредованную деятельность; например, когда изображения на больших интерактивных экранах обрабатываются и их последующее позиционирование способствует групповому мышлению и диалогу.

Заключение

Анализ проведенных исследований и обзор информации позволил сделать выводы, что эффективное использование цифровых технологий в российской средней школе возможно при заимствовании положительного опыта из зарубежных систем образования, а именно американского опыта по использованию в обучении игр, интерактива, рисунков и др. визуальных элементов обучения, из швейцарского – индивидуальный подход к каждому учащемуся по построению его обучения, из израильского опыта – возможности обучения в любом месте и в любое время.

Список литературы

1. Роберт, И. В. Цифровая трансформация образования: вызовы и возможности совершенствования / И. В. Роберт // Информатизация образования и науки. – 2020. – № 3 (47). – С. 3-17.

2. Козлов, О. А. Организационно-методические аспекты совершенствования домашней учебной работы школьников в условиях цифровой трансформации образования / О. А. Козлов // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 6. – С. 119-123.

3. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 N 1632-р <Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»> [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf

4. Паспорт приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://government.ru/projects/selection/643/25682/

5. Роберт, И. В. Дидактика эпохи цифровых информационных технологий / И. В. Роберт // Профессиональное образование. – 2019. – № 3. – С. 16-26.

6. Griban, O. N. Modern teacher under the conditions of digitalization of education / O. N. Griban, I. V. Griban, A. V. Korotun // Proceedings of the 1st International Scientific Conference «Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth» (MTDE 2019). – Atlantis Press, 2019. – P. 604-607.

7. Халин, В. Г. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски / В. Г. Халин, Г. В. Чернова // Управленческое консультирование. – 2018. – № 10. – P. 46-63.

8. Фельдштейн, Д. И. Проблемы психолого-педагогических наук в пространственно-временной ситуации XXI в.: вызовы информационной эпохи / Д. И. Фельдштейн // Вопросы психологии. – 2013. – № 1. – С. 46-65.

Роль и задачи предмета «информатика» в школьном образовании

О. А. Козлов, email: ole-kozlov@yandex.ru [1]
И. В. Барышева[2], Е. В. Малкина[2]

[1] Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт стратегии развития образования Российской академии образования» (ФГБНУ ИСРО РАО)
[2] Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Аннотация. *Рассматриваются проблемы преподавания информатики в школе. Обсуждаются содержательные линии курса, показана роль изучения программирования в школе, даются рекомендации по структуре курса.*

Ключевые слова: *информатика, содержательные линии, изучение основ программирования.*

Введение

Не простой для всех 2020 год на ряду со всеми его неожиданностями и трудностями является и тридцать пятым почти юбилейным годом появления в школьном образовании нового предмета получившего название «Информатика и КТ», годом буквально взрывного внимания ко всему, что так или иначе связано с компьютерами, их возможностями влиять на все стороны жизни человечества, на развитие самой цивилизации. Естественно, возникает потребность анализа истории развития данного предмета, его предназначения, содержания и роли среди других школьных предметов. Исторически при введении в школе нового предмета «Информатика» как-то не стоял вопрос что должно войти в программу изучения. Тридцать пять лет назад ни техники в школах особой не было, ни учителей. Изучали то, что позволяли обстоятельства, привлекая к ведению занятий преподавателей высшей школы, просто программистов, да и приложений, доступных широкому кругу пользователей, тогда не было. В основном изучали различные варианты языка Basic. Но это в любом случае были вопросы из программирования. Сложившиеся обстоятельства 2020 года создают

© Козлов О. А., Барышева И. В., Малкина Е. В., 2021

иллюзию присутствия цифровых технологий во всех сферах жизни и формируют вопрос: – «где информатика и где программирование?».

1. Цели и задачи предмета «Информатика»

Прежде чем обсуждать содержимое школьной программы по информатике необходимо более четко сформулировать, а для начала понять, чтобы необходимо получить в результате изучения данного предмета. В данном вопросе нет четкого понимания практически всех заинтересованных лиц. С одной стороны можно заметить даже некоторую эйфорию от того, что становиться возможным с помощью нескольких кликов общаться с коллегами, находящимися в разных городах и странах, и даже говорящих на разных языках, видеть статистику тех или иных явлений, не только наблюдать футбольный матч, но и контролировать с точностью до миллиметра и доли секунды взятие ворот, историю каждого игрока, смотреть фильмы и доклады конференций, репортажи о спортивных или культурных мероприятиях с любого места. А с другой, стороны – школьники, которые очень рано, а главное, быстрее учителя научаются пользоваться всеми достижениями информационных технологий. Нажимание кнопочек несложная наука. Правильно сформированная программа по информатике должна и может в качестве целей ставить задачи:

- формирование структурного мышления учащихся;
- формирование целостности восприятия окружающего мира;
- ориентация профессиональной деятельности.

Вопрос – чему учить? Для осознания ответа на данный вопрос необходимо взглянуть на содержание всей школьной программы, по разным предметам, на методику преподавания различных предметов, особенно по смежным предметам, таким как математика или физика.

2. Основные темы школьного предмета «Информатика»

Вопрос – чему учить? Для осознания ответа на данный вопрос необходимо взглянуть на содержание всей школьной программы, по разным предметам, на методику преподавания различных предметов, особенно по смежным предметам, таким как математика или физика.

Можно спорить о различиях в программах по информатике в школах, но тематика вопросов в ЕГЭ означает некую константную часть, которую не должны игнорировать при изучении данного предмета [1]. Если проанализировать вопросы, то создается ощущение, что они подобраны для того, чтобы легко можно было насчитать набранные баллы из положенных 100. Именно насчитать баллы, не учитывая важность темы, ее хоть какую-то корреляцию с предметом изучения, с

целями самого этого изучения в рамках школьной программы. Выделяются несколько основных тем.

1. Алгебра логики.

На самом деле алгебра логики или логические операции являются базовыми в устройстве любого компьютера. Основные логические операции – объединения, пересечения и отрицания – в других обозначениях «и», «или», «не» имеют физическую реализацию в виде электрических схем, то есть могут быть спаяны, отпечатаны или еще как-то, используя другие современные технологии схемы их реализующие. Все остальные операции логики, равно как и операции обычной арифметики, могут быть представлены некоторой комбинацией основных логических операций. Таким образом все действия компьютера объясняются с материальной точки зрения, математически доказывается одинаковый результат вычислений, полученный компьютером, человеком или с помощью счет. О материальной составляющей в школьной программе благополучно забыли, забыли рассказать о таблицах истинности, вместо этого какие-то необоснованные никакой теорией задачи, за которые легко ставить баллы. Целесообразней было бы на уроках физики рассказать об элементах устройства компьютера, на лабораторных работах попробовать как это работает, а информатикам оставили таблицу истинности, решение уравнений и, может быть, систем.

2. Системы счисления.

В школьной программе на данный момент системы счисления представлены техническими переводами из десятичной системы в двоичную, восьмеричную и шестнадцатеричную, очень редко другие. Никакой теории, никаких почему и откуда. А начинать надо с понятия «позиционные системы счисления» [1]. Системой счисления, принятой в современном мире, является арабская система, для которой:

Алфавит или набор цифр: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

Правила получения чисел (здесь приводятся правила образования только целых чисел, что определяется школьной программой):

- каждая цифра является натуральным числом;
- каждое следующее натуральное число на 1 больше предыдущего, т.е. 1 на 1 больше 0 или 1=1+0, 2 на 1 больше 1 или 2 =1+1 и т.д.;
- старшая цифра +1=10, в арабской системе это правило имеет вид 9+1=10, p=10 называют основанием системы счисления;
- любое натуральное число имеет вид anan-1…a2a1a0, что является краткой записью выражения;

– an10n+a n-110 n-1+…+a2102+a1101+ a0100 или anpn+a n-1p n-1+…+a2p2+a1p1+a0p0 , где ai – любая цифра из алфавита системы, p – основание системы счисления;

Правила выполнения арифметических операций:

– операция сложения – для добавки к числу К числа М необходимо М раз перейти к следующему числу, согласно правилам образования чисел, начиная от числа К;
– операция вычитания определяется как операция, обратная сложению;
– операция умножения натуральных чисел сводится к многократному выполнению операции сложения;
– операция деления определяется как обратная к операции умножения и сводится к умножению и вычитанию.

Таким образом, если поменять алфавит, т.е. изменить набор цифр, то ничего ни в правилах образования чисел, ни в правилах выполнения операций не меняется. Только правило «10 = 9 + 1» необходимо применять правильно – «старшая цифра + 1». Следовательно, в алфавите может быть любое количество цифр, и их количество является основанием системы счисления – р. Арабская система имеет 10 цифр, т.е. р = 9 + 1, удобна и привычна для человека, но с появлением компьютеров стали рассматриваться и другие варианты алфавитов цифр. Наибольшее распространение получили:

– двоичная, набор цифр: 0 и 1, основание системы p=1+1 или p=102=210;
– восьмеричная, набор цифр: 0 1 2 3 4 5 6 7, основание системы p=7+1 или p=108=810;
– шестнадцатеричная, набор цифр: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F, основание системы p=F+1 или p=1016=1610.

Не трудно заметить, что представленный материал находится в поле рассмотрения математики. Там же можно рассматривать операции арифметики и решать примеры на сложение, вычитание, умножения и, но это может оказаться сложным, деления чисел в различных системах счисления. При этом можно рассмотреть Современная программа по математике, если рассматривать по существу, ориентирована на логарифмическую линейку, которой практически никто уже не пользуется, в качестве усложнения добавлены интегралы без теории. Для информатики оставить представление чисел в памяти компьютера, ограниченность представления непрерывной числовой оси, понятие типа данных.

3. Программирование.

Самая сложная тема. В рамках школьных программ всегда звучит как изучение языка и далее следует название, а необходимо изучать программирование, термины программирования, законы программирования, понятия программирования. Время жизни алгоритмического языка не слишком большое, и профессиональному программисту приходится переходить от одного языка к другому, в котором получило развитие осознание необходимости новых идей и тенденций. Если задать вопрос: чем отличается задача по программированию от задачи по математике, физике или, например, биологии? Ключевыми словами в задачах по любому из этих предметов являются слова: найти, вычислить, доказать и так далее, решающий поставленную задачу должен выполнить некую последовательность вычислений или привести доказательства. Описать, составить последовательность действий, определить структуру проблемы - определяющие слова задачи по программированию, для решения такой задачи вычислять ничего не требуется, необходимо продумать последовательность действий, которые будут выполнены компьютером. Базовыми терминами в программировании являются алгоритм, тип данных, именование объектов, структура объектов, структурирование проблемы, освоение которых и умение работать в рамках которых требует структурного мышления.

Обучение программированию должно состоять, прежде всего, из привития навыков словесного описания имеющихся ресурсов, желаемого результата, последовательности действий, приводящих к получению требуемого в задаче результата. При этом должна быть видна грань между предметной областью, в которой возникла проблема, и задачей программирования. Исходить надо из содержательной задачи, для решения которой необходимы те или иные средства программирования.

Как и в любом разделе математики, в программировании развитие аппарата следует за потребностями задач, которые на данном этапе развития стоят перед сообществом. Естественно, в рамках школьной программы нельзя переходить к вопросам «высшей математики» в области программирования. Освоение начальных навыков программирования включает изучение небольшого объема чисто программистских элементов, на базе которых можно решать весьма сложные прикладные задачи.

В данной работе предлагается подход, в основе которого лежит обучение программированию, основанное на формировании умения структурирования поставленной задачи, то есть представления задачи в виде некоторой структуры более элементарных составляющих, которые,

в свою очередь, также могут быть композицией еще более элементарных элементов.

Вначале даются определение алгоритма и способов его описания. Далее рассматривается набор «элементарных частиц» или атомов программирования: условие, цикл, определение значения. Причем набор этих элементов не зависит от языка программирования, немного может отличаться грамматика, но сам набор реализуется в любом языке, для любого языка существует два вида условия и три типа циклов. Необходимо заметить, что при словесном описании алгоритма все эти элементы также существуют. Оговаривается, что для решения любой задачи необходимы начальные значения, да и результат желательно увидеть. Опять-таки в любом языке имеется реализация ввода, вывода, при словесном описании используются аналоги: «пусть дано», «пусть известно», «в результате» и так далее.

Если принять, что проблема является задачей для программирования тогда и только тогда, когда в ее описании появляются слова «для каждого…», или «до тех пор, пока…», или «…и так далее…», то есть существует циклический процесс, тогда следующим важным понятием является понятие массива, с которым тесно связано именование объекта и его структура, а также необходимость описания и того и другого. Остальные элементы можно разбирать по мере их появления в той или иной задаче.

Следующим уровнем в построении структуры при решении задач является набор базовых алгоритмов. В данной работе предлагается набор из девяти алгоритмов, порядок их изучения «от простого к сложному». Можно допустить существование другого набора, дополнения существующего, но практика показала эффективность представленного, в состав которого входят:

- суммирование N чисел;
- поиск минимального значения в массиве и определение его места в массиве;
- отбор элементов массива по заданному признаку;
- линейный поиск;
- построение списка без повторений, подсчет рейтинга, подсчет суммарной характеристики;
- любая простая сортировка;
- деление строки на слова в случае одного разделителя;
- деление строки на слова в случае разных разделителей;
- преобразование текста к виду «одна строка – одно предложение».

При разборе каждого алгоритма обсуждаются новые элементы программирования, грамматика языка, ну и, конечно же, каждый базовый алгоритм сопровождается решением предметных задач, в которых используются как новый алгоритм, так и все уже рассмотренные. В этом случае решение любой задачи начинается всегда с осознания проблемы, составления словесного описания последовательности действий, необходимых для решения задачи. Этот процесс является общим для любой осознанной деятельности человека, формирует навык структурирования проблемы, независимо от природы ее появления [2-4].

Такой подход был опробован на подготовительных курсах по информатике, в элитарном образовании, то есть при индивидуальной работе со школьниками. Кроме того, низкий уровень школьников в области программирования после введения обязательного ЕГЭ определил необходимость использования предложенного подхода к изучению программирования в высшем образовании. Более сложные цели высшего образования потребовали изменения набора задач, но сама идея использования набора алгоритмов при обучении программированию оказалась продуктивной, позволила убрать привязку к конкретному языку, что позволяет легко переходить с одного языка на другой в этой столь быстро развивающейся области знаний. Константными остаются базовые понятия: алгоритм, тип данных, массив, цикл и так далее, – и базовые алгоритмы. Остальное вариативно: набор задач, аудитория, язык программирования.

3. Перераспределение тем по разным классам

Наличие в программе старших классов тем достаточно простых и не требующих дополнительных знаний или сложных вычислений, часто являющихся повторением из программ более младших классов, ничем не оправдано. Например, тема, озвученная в ЕГЭ как «Базы данных. Файловая система» ни к базам данных, ни к файлам отношения не имеет и могла бы выполнятся на уровне не старше 5 класса. Темы «Анализ и построение алгоритмов для исполнителей», «Выполнение алгоритмов для исполнителей» – уровень 5-6 класса. Excel, Word можно изучать и в 6 классе или 7, в рамках школы эта тема сводится к запоминанию последовательности нажатия клавиш. Тема «Анализ информационных моделей» – это задачи начальной школы в том виде, которые присутствуют в программе, только название грозное.

Заключение

Изменения школьной программы по информатике, формирование которой шло достаточно хаотично, не успевая за слишком бурным

развитием этой области знаний, назрело давно, изменения должны носить системный характер, перераспределять содержимое по уровням подготовки, классам, меняя акценты на темах, выстраивая межпредметные связи, должны затрагивать всю программу обучения, оставляя умение нажатия соответствующих кнопочек самостоятельному изучению. Только тогда у школьников может быть сформировано структурное видение мира, понимание связей между различными событиями. А в высшей школе будем иметь студентов, которые поняли зачем пришли, сделали осознанный выбор одной из самых современных профессий, разобрались, что программирование – это не в игрушки играть, а игрушки проектировать и разрабатывать, что Интернет – это не только общение по интересам, но источник опасности, про которую необходимо говорить, пусть даже на уроках ОБЖ, что Интернет – мощнейшее средство управления, источник знаний, инструмент в получении знаний.

Список литературы

1. Барышева, И. В. Подготовка абитуриентов математических факультетов к ЕГЭ по информатике. Контрольные работы. Электронный учебный курс [Электронный ресурс] / ННГУ. – Режим доступа : https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=875

2. Барышева, И. В. Формирование структурного мышления школьников в процессе обучения программированию в рамках школьного курса информатики / И. В. Барышева, О. А. Козлов // М.: Изд. Интернаука, 2016. – Т. 14. – С. 112-129.

3. Барышева, И. В. Проектный метод в изучении основ программирования студентами профильных специальностей / И. В. Барышева, О. А. Козлов // Педагогическая информатика. – 2016. – № 4. – С. 78-83.

4. Барышева, И. В. Изменение роли и объема самостоятельной работы студентов в условиях дистанционного изучения программирования / И. В. Барышева, О. А. Козлов // Педагогическая информатика. – 2020. – № 6. – С. 53-58.

Алгоритм решения олимпиадной задачи по информатике «Травля тараканов», основанный на поиске вершинных покрытий графов

Ю. В. Кулаков, email: kulak@list.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается алгоритм решения олимпиадной задачи по информатике «Травля тараканов», основанный на поиске наименьшего множества вершин, покрывающих остальные вершины дерева тараканых гнёзд.*

Ключевые слова: *дерево тараканьих гнёзд, матрица смежностей, матрица достижимостей, наименьшее вершинное покрытие, мощность наименьшего вершинного покрытия.*

Введение

Одной из целей преподавания информатики является пропаганда научных знаний и подготовка обучающихся к участию во всероссийских и международных олимпиадах по информатике и программированию. Поэтому весьма актуальными задачами являются поиск подходящих математических моделей для представления олимпиадных задач по информатике и разработка эффективных алгоритмов их решения.

Найдём подходящую математическую модель и разработаем алгоритм решения известной олимпиадной задачи по информатике «Травля тараканов» [1].

1. Постановка олимпиадной задачи

Произошло ужасное событие – в квартире доктора Шелдона Купера завелись тараканы! Пока все насекомые не будут убиты, Шелдон не успокоится.

Чтобы вычислить тараканьи гнёзда, Шелдон поймал одного таракана. Проведя эксперимент, доктор выяснил, что этот таракан является разведчиком, а значит, посещает все гнёзда. Установив на таракане маленький передатчик, Шелдон отпустил его.

Проследив путь таракана в течение нескольких часов, доктор узнал всю информацию о гнёздах и путях между ними. Оказалось, что количество гнёзд равно n, а между каждой парой гнёзд существует ровно один тараканий путь. Таким образом, все пути образуют дерево, в

© Кулаков Ю. В., 2021

вершинах которого располагаются гнёзда, соединенные неориентированными рёбрами – отрезками пути.

Шелдон – вундеркинд, и ещё в девять лет выяснил, что каждый таракан за день по своей любопытности посетит все гнёзда, которое находится не более, чем в k отрезках пути от гнезда, в котором он этот день начал. Также Шелдон считает, что до его действий в каждом гнезде есть хотя бы один таракан.

После сбора всей информации, Шелдон хочет заразить некоторые гнёзда ядом так, чтобы каждый таракан в течение следующего дня побывал хотя бы в одном заражённом гнезде. Для экономного использования яда, Шелдон написал программу, которая вычисляет наименьшее число гнёзд, которые необходимо заразить.

В первой строке исходных данных содержатся целые числа n и k – количество гнёзд и наибольшее разрешенное расстояние для посещения тараканами окрестных гнёзд.

Следующие $(n-1)$ строк содержат описание рёбер дерева. Каждая строка содержит описание одного ребра – номера гнёзд, которые соединяет это ребро. Гнёзда нумеруются целыми числами от 1 до n.

Выходными данными является единственное целое число – наименьшее число гнёзд, которые необходимо заразить.

2. Алгоритм решения задачи

В решаемой задаче «Травля тараканов» система из n тараканьих гнёзд моделируется деревом, вершины которого представляют сами гнёзда, а неориентированные рёбра – пути между ними. Каждый таракан за день посещает все окрестные гнёзда, которые находятся на расстоянии не более чем k рёбер от своего гнезда. Требуется определить для заданных целых n, k и рёбер дерева, наименьшее число гнёзд, которые необходимо заразить ядом с целью избавления от тараканов в течение следующего дня.

Разработан алгоритм решения задачи «Травля тараканов», использующий понятия вершинного покрытия, матрицы смежностей и матрицы достижимостей [2]. Представим его словесно.

Шаг 1. Ввести исходные данные: число гнёзд n, расстояние k и рёбра дерева гнёзд G.

Шаг 2. Если $k = 0$, то вывести n и конец алгоритма; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 3. Если $k \geq n-1$, то вывести 1 и конец алгоритма; иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 4. Построить матрицу смежностей $S(G)$ дерева гнёзд G.

Шаг 5. Вычислить матрицу достижимостей $D(G)$ дерева гнёзд G: если $k=1$, то путем заполнения единицами главной диагонали матрицы смежностей $S(G)$; иначе – как сумму степеней матрицы смежностей $S(G)$ с первой по k-ую.

Шаг 6. Сократить матрицу достижимостей $D(G)$ путём поглощения её строк и столбцов.

Шаг 7. Найти наименьшее вершинное покрытие дерева гнёзд G как наименьшее покрытие столбцов строками сокращённой матрицы достижимостей $D'(G)$ дерева гнёзд G.

Шаг 8. Вывести мощность наименьшего вершинного покрытия дерева гнёзд G и конец алгоритма.

Рассмотрим решение задачи по представленному алгоритму в каждом из четырёх характерных случаев исходных данных.

К первому характерному случаю относятся все исходные данные, в которых $k=0$ (все тараканы сидят по своим гнёздам). Нетрудно понять, что при этом необходимо заразить все n гнёзд, то есть ответом является число n.

Например, для исходных данных, в которых $k=0$ и $n=8$ ответом должно быть число 8.

Во втором случае исходные данные характерны тем, что $k \geq n-1$. Из теории графов известно, что в любом дереве G с n вершинами имеется ровно $(n-1)$ рёбер. Следовательно, при $k \geq n-1$ достаточно заразить только одно гнездо, то есть ответом является число 1.

Например, даже в худшем с точки зрения решения нашей задачи вырожденном дереве (с максимальным расстоянием между конечными вершинами), представленном на рис. 1, число вершин равно 5, а при $k \geq 5-1=4$ достаточно заразить одно любое гнездо из пяти гнёзд.



Рис. 1. Пример вырожденного дерева гнёзд для второго характерного случая исходных данных

В третьем характерном случае исходные данные таковы, что $k=1$ и $n>2$. При такой ситуации ответ задачи сразу назвать нельзя, а для её решения необходимо определить мощность наименьшего вершинного покрытия, элементы которого покрывают через соответствующие пути длины 1 (рёбра) все остальные вершины графа.

Определение мощности наименьшего вершинного покрытия выполним на примере исходных данных, когда $k = 1$ (тараканы за день посетят все гнёзда, которые находятся не более, чем в одном отрезке пути от гнёзд, в которых они этот день начали), в дереве гнёзд $n = 8$ вершин и семь рёбер (1, 3), (2, 3), (3, 4), (4, 5), (4, 6), (6, 7), (6, 8).

Таким исходным данным соответствует дерево, изображённое на рис. 2.

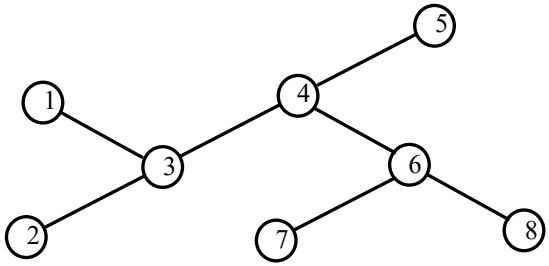


Рис. 2. Пример дерева гнёзд для третьего и четвёртого характерного случая исходных данных

Представим этот граф матрицей смежностей (рис. 3).

$S(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	2
1	1	0	1	0	0	0	0	3
0	0	1	0	1	1	0	0	4
0	0	0	1	0	0	0	0	5
0	0	0	1	0	0	1	1	6
0	0	0	0	0	1	0	0	7
0	0	0	0	0	1	0	0	8

.

Рис. 3. Матрица смежностей графа

Заполнив главную диагональ матрицы смежностей $S(G)$ единицами, получим матрицу достижимостей (рис. 4).

Найдем наименьшее множество строк матрицы достижимостей $D(G)$, покрывающих все её столбцы. Для облегчения этого поиска произведём поглощение строк и столбцов матрицы.

$D(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	0	2
1	1	1	1	0	0	0	0	3
0	0	1	1	1	1	0	0	4
0	0	0	1	1	0	0	0	5
0	0	0	1	0	1	1	1	6
0	0	0	0	0	1	1	0	7
0	0	0	0	0	1	0	1	8

.

Рис. 4. Матрица достижимостей графа

Строка 3 матрицы $D(G)$ поглощает строки 1 и 2, поскольку множества единиц в строках 1 и 2 содержатся во множестве единиц строки 3. Аналогично, строка 4 поглощает строку 5, строка 6 поглощает строки 7 и 8. Пометим поглощённые строки серым цветом (рис. 5).

$D(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	0	2
1	1	1	1	0	0	0	0	3
0	0	1	1	1	1	0	0	4
0	0	0	1	1	0	0	0	5
0	0	0	1	0	1	1	1	6
0	0	0	0	0	1	1	0	7
0	0	0	0	0	1	0	1	8

.

Рис. 5. Матрица $D(G)$ с помеченными поглощёнными строками

С учётом поглощённых строк столбец 1 матрицы $D(G)$ поглощает столбцы 2, 3 и 4, поскольку множества единиц столбцов 2, 3 и 4 содержат в себе множество единиц столбца 1. Аналогично, столбец 5 поглощает столбец 6, столбец 7 поглощает столбец 8. Пометим и поглощённые столбцы серым цветом (рис. 6).

Вычеркнув из матрицы $D(G)$ поглощённые столбцы и строки, получим сокращённую матрицу достижимостей:

$D'(G) =$

1	5	7	
1	0	0	3
0	1	0	4
0	0	1	6

.

$D(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	0	2
1	1	1	1	0	0	0	0	3
0	0	1	1	1	1	0	0	4
0	0	0	1	1	0	0	0	5
0	0	0	1	0	1	1	1	6
0	0	0	0	0	1	1	0	7
0	0	0	0	0	1	0	1	8

.

Рис. 6. Матрица $D(G)$ с помеченными поглощёнными столбцами

Множество строк {3, 4, 6} матрицы $D'(G)$ является наименьшим множеством строк матрицы $D(G)$, покрывающих все её столбцы, и является наименьшим вершинным покрытием остальных вершин {1, 2, 5, 7, 8} нашего дерева. Мощность наименьшего вершинного покрытия, равная 3, и является ответом в решаемой задаче для рассматриваемого примера.

Для исходных данных четвёртого характерного случая справедливо двойное неравенство $2 \le k < n-1$. В этом случае для решения задачи необходимо определить мощность наименьшего вершинного покрытия, элементы которого покрывают все остальные вершины графа через соответствующие цепи длины k.

Решим задачу на примере исходных данных, когда $k = 2$ (тараканы за день посетят все гнёзда, которые находятся не более, чем в двух отрезках пути от гнёзд, в которых они этот день начали), в дереве гнёзд $n = 8$ вершин и семь рёбер (1, 3), (2, 3), (3, 4), (4, 5), (4, 6), (6, 7), (6, 8) (см. рис. 2).

В данном примере необходимо построить матрицу достижимостей $D(G)$ как сумму первой и второй степеней матрицы смежностей $S(G)$.

Вычислим сначала $S^2(G)$, понимая при этом под умножением и сложением конъюнкцию и дизъюнкцию соответственно (рис. 7).

$S^2(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	0	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	0	0	0	0	2
0	0	1	0	1	1	0	0	3
1	1	0	1	0	0	1	1	4
0	0	1	0	1	1	0	0	5
0	0	1	0	1	1	0	0	6
0	0	0	1	0	0	1	1	7
0	0	0	1	0	0	1	1	8

.

Рис. 7. Матрица $S^2(G)$

Затем получим матрицу достижимостей, сложив $S(G)$ и $S^2(G)$ (рис. 8).

$D(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	2
1	1	1	1	1	1	0	0	3
1	1	1	1	1	1	1	1	4
0	0	1	1	1	1	0	0	5
0	0	1	1	1	1	1	1	6
0	0	0	1	0	1	1	1	7
0	0	0	1	0	1	1	1	8

.

Рис. 8. Матрица достижимостей,
полученная как сумма $S(G)$ и $S^2(G)$

Найдём наименьшее множество строк матрицы достижимостей $D(G)$, покрывающих все её столбцы, при этом для облегчения отыскания наименьшего покрытия вначале произведём поглощение строк и столбцов.

Строка 1 матрицы $D(G)$ поглощает строку 2. Строка 3 поглощает строки 1 и 5. Строка 4 поглощает строки 3, 6, 7 и 8. Пометим поглощённые строки серым цветом (рис. 9).

С учётом поглощённых строк столбец 1 матрицы $D(G)$ поглощает все остальные столбцы (2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8). Пометим и поглощённые столбцы серым цветом (рис. 10).

$D(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	2
1	1	1	1	1	1	0	0	3
1	1	1	1	1	1	1	1	4
0	0	1	1	1	1	0	0	5
0	0	1	1	1	1	1	1	6
0	0	0	1	0	1	1	1	7
0	0	0	1	0	1	1	1	8

.

Рис. 9. Матрица $D(G)$ с помеченными поглощёнными строками

$D(G) =$

1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	2
1	1	1	1	1	1	0	0	3
1	1	1	1	1	1	1	1	4
0	0	1	1	1	1	0	0	5
0	0	1	1	1	1	1	1	6
0	0	0	1	0	1	1	1	7
0	0	0	1	0	1	1	1	8

.

Рис. 10. Матрица $D(G)$ с помеченными поглощёнными столбцами

Вычеркнув из матрицы $D(G)$ поглощённые столбцы и строки, получим сокращённую матрицу:

$$D'(G) = \begin{array}{c} 1 \\ \hline 1 \\ \hline 4 \end{array} .$$

Множество из одной строки $\{4\}$ сокращённой матрицы достижимостей $D'(G)$ является наименьшим множеством строк матрицы достижимостей $D(G)$, покрывающих все её столбцы, и является наименьшим вершинным покрытием остальных вершин $\{1, 2, 3, 5, 6, 7, 8\}$ нашего дерева G. Следовательно, ответом в решаемой задаче для рассматриваемого примера является число 1.

Заключение

Разработан алгоритм решения олимпиадной задачи по информатике «Травля тараканов». В нём поиск в дереве из n тараканьих гнёзд наименьшего числа гнёзд для заражения с целью

избавления от всех тараканов в общем случае реализуется путём определения мощности наименьшего множества вершин, покрывающих остальные вершины дерева через соответствующие цепи не менее чем заданной в условии задачи длины k.

В особых случаях, когда $k = 0$ (все тараканы сидят по своим гнёздам), необходимо заразить все n гнёзд, а когда $k \geq n - 1$ (тараканы могут перемещаться на максимальные расстояния), достаточно заразить только одно любое гнездо.

Список литературы

1. Задача D. Травля тараканов [Электронный ресурс] : система для организации соревнований по программированию / Дальневосточный федеральный университет. – Режим доступа : https://imcs.dvfu.ru/cats/static/problem_text-cpid-892809.html

2. Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М. : Издательство «Мир», 1973. – 304 с.

Использование Agile-подхода как способа организации обучения на уроках информатики

А. Е. Лоскутова, email: anyaa02@yandex.ru

МБОУ «Лицей № 1»

Аннотация. *В данной работе рассматривается вопрос перехода системы образования (школьного уровня на уроках информатики) на Agile-подход, который используется при разработке программного обеспечения. Будут выявлены положительные и отрицательные стороны этого явления, проведена интерпретация основных церемоний относительно рассматриваемой сферы и распределены роли участников процесса.*

Ключевые слова: *Agile, манифест Agile, Scrum, scrum-мастер, бэклог темы и бэклог урока.*

Введение

Agile-подход – это целый ряд методов и практик, которые основаны на ценностях Манифеста гибкой разработки программного обеспечения, а также принципах, которые лежат в основе. Одним из методов управления проектами в рамках Agile является Scrum [1].

На данный момент есть информация о том, что несколько школ в России в тестовом режиме используют Scrum достаточно успешно. Но это пока не стало массовым явлением на территории нашей страны.

Можно сделать интерпретацию манифеста Agile относительно рассматриваемой сферы:

- Люди и взаимодействия важнее процессов и инструментов (учитель – мотиватор к познанию и навигатор);
- Осмысленное научение важнее формальных текстов (развитие компетенции у обучающихся);
- Коллаборации важнее правил внутреннего распорядка (более неформальное общение за счет коммуникаций со сверстниками);
- Готовность к изменениям важнее следования первоначальному плану (получение новых компетентностей в изменяющемся мире).

Agile в образовании дает возможность сделать процесс обучения более клиентоориентированным, позволяет научить детей учиться,

© Лоскутова А. Е., 2021

развить компетенции XXI века и soft skills, а также развивает навыки лидерства в условиях неопределенности.

Руководствуясь клиентоориентированным подходом и проверенной методологией, директора школ и учителя могли бы поставить интересы своих учеников выше требований системы [2].

Необходимо также включит самого ученика в постановку задач и оценку результатов образования. Ребенок, родители, учителя – вот команда, которая должна создавать образовательный процесс. Однако в современной педагогической практике нет инструментов, обеспечивающих такую командную работу. Этим инструментом и может стать Agile.

1. Применение подхода на уроках информатики

Основу Agile составляют три компонента – процесс обучения, участники процесса и изменения. Это есть самое важное в образовании [3].

Можно выделить основные принципы:

– Спринт вместо марафона: внедрение характерных для Agile спринтов позволяет сильно сократить цикл обратной связи, облегчая адаптацию и позволяя оперативно реагировать на любые перемены, т. е. 2-3 недели вместо четверти или семестра. Короткие циклы обратной связи также позволяют преподавателям быстро выявлять проблемы и принимать соответствующие меры.

– Учебные команды: Agile подразумевает командную работу и сотрудничество, ставя людей и их взаимодействие выше процессов и инструментов.

– Обучение как игра: один из ключевых принципов Agile – построение проектов вокруг мотивированных людей. В учебном процессе традиционным мотиватором и мерилом успеха служат оценки. Придерживаясь Agile, их можно заменить на баллы и вознаграждения (баллы за усилия, успеваемость, выдающуюся работу).

– Искусство размышления: важный принцип Agile – постоянная оценка происходящего с целью повышения эффективности работы. Ретроспектива на уровне команды проводится в конце каждого спринта. Группы отвечают на три ключевых вопроса: что мы сделали хорошо? что мы могли бы сделать лучше? что нового мы можем начать делать, чтобы улучшить результаты?

Не нарушая Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) и следуя основному его принципу – развитию у детей проектной деятельности, – достаточно легко применить на уроках хотя бы частично Scrum как отдельный agile-подход.

Достаточно распределить роли следующим образом:

– Учитель – владелец продукта. Именно он будет менеджером образовательного процесса (составляет маршрутный лист изучения темы или бэклог темы, разрабатывает процедуру контроля качества, организует консультации в соответствии с образовательными запросами обучающихся).

– Обучающиеся организуют команды из 4-5 человек, где каждый должен обладать теми или иными навыками и компетенциями, личностными качествами, которые могут быть полезны для общего дела, выбирают Scrum-мастера.

– Scrum-мастер – это обучающийся из каждой команды, который организует работу по планированию спринта, координирует работу группы и отражает изменения на Scrum-доске (рис. 1), проводит рефлексию выполненной работы в команде.

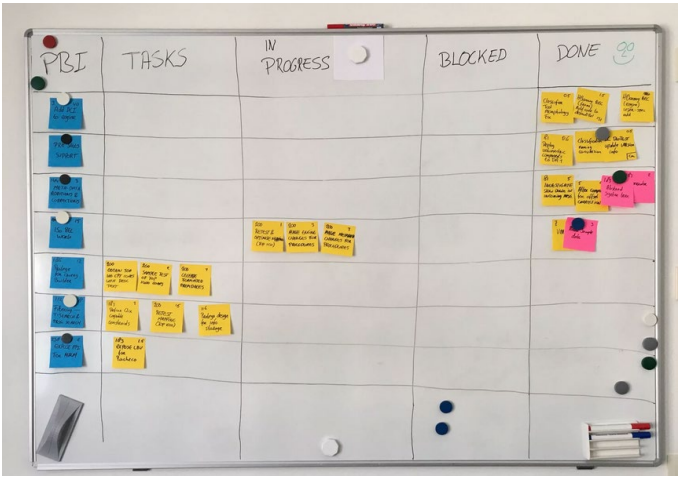


Рис. 1. Scrum-доска

Будут соблюдаться все церемонии Scrum (рис. 2):

– Составление учителем бэклога темы и бэклога урока;
– По окончании спринта проводятся «летучки» (stand-up);
– Промежуточный контроль знаний (демо);
– Проведение индивидуальной коррекционной работы (ретро).



Рис. 2. Scrum-обучение

Рассмотрим процесс на примере изучения блока тем «Создание web-сайтов. Интернет-технологии» в 11 классе по авторской рабочей программе К.Ю. Полякова (базовый и углубленный уровень) [4]. Данные темы хорошо подходят для проектной деятельности учащихся. Например, при изучении основ сайтостроения, языка html, css, азов Java Script. Время отведенное календарно-тематическим планированием на данный блок тем – 1,5 месяца. Этот период можно разбить на три-четыре спринта. Итогом будет собственный проект (сайт или электронно-образовательный ресурс), разработанный Scrum-командой. Кроме этого, параллельно с разработкой сайта, в МБОУ «Лицей №1» принято составлять документацию, оформленную как курсовая работа [5].

Задача учителя – каждый спринт выдавать часть нового материала, составлять срезовые работы (тесты, лабораторные), которые будут выполняться в том числе всей Scrum-командой, то есть создавать бэклог темы, который разбивается преподавателем на бэклоги урока. Выполнение созданных тестов и лабораторных работ – это демо, которое есть в Agile. Однако за время всего спринта команда обязана выдавать результат по собственному проекту. В конце спринта проводятся летучки, когда преподаватель просматривает текущее состояние проекта и дает рекомендации по выполнению работы. После чего команда выполняет ретроспективу и далее продолжает работу над проектом [6].

Последний спринт заканчивается защитой проекта и выставлением итогового набора оценок, которые зависят не только от самой защиты и качества проекта, но и от промежуточных результатов спринтов.

Как показывает практика, такой подход будет работать, улучшать успеваемость учеников. Он повышает мотивацию у обучающихся, сопутствует развитию межпредметных компетенций (с помощью проектной деятельности), учит самоорганизации и общению со сверстниками [7].

Однако несмотря на положительные аспекты, стоит выделить ряд негативных:

- Командная работа не способствует улучшению дисциплины;
- В командной работе сильные дети будут тянуть слабых, не показывая их явные пробелы в знаниях;
- Сравнение результатов работы должно происходить не со своими предыдущими, а с теми классами/школами, которые не применяют Scrum.

Заключение

На уроках информатики данный метод эффективен и показывает положительные результаты. Это обусловлено тем, что достаточно просто выделить практическую и теоретическую часть темы, а также организовать коллективную работу.

Таким образом, шанс успешно существовать в сфере образования у Agile есть, однако это внедрить непросто. Это происходит из-за консервативности системы образования, строгих требований к государственной итоговой аттестации и всё еще достаточно высокого среднего возраста педагогических работников.

Список литературы

1. Agile-подход в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://multiurok.ru/blog/agile-podkhod-v-obrazovanii.html
2. eduScrum на карте России и мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eduscrum.com.ru/eduscrum-na-karte-mira/
3. Agile-технология в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rirorzn.ru/upload/medialibrary/a64/a644df9b463c3de4b91f0ae4e40c22bb.pdf
4. Применение Agile и Scrum в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://onagile.ru/trends/business-agility/laboratoria
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. Преподавание, наука, жизнь: Школа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kpolyakov.spb.ru/school
7. Применение Agile и Scrum в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://onagile.ru/trends/business-agility/laboratoria

Изучение возможностей внеучебной деятельности по дисциплине «Программирование мобильных устройств» при формировании профессиональных компетенций будущих специалистов по информатике

Л. А. Мороз, email: moroz@msu.by

Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова

Аннотация. *Аннотация. Одной из основных задач для любой образовательной системы, в том числе и для учреждения высшего образования, является формирование профессиональных компетенций будущих специалистов. В данном докладе рассматривается возможности внеучебной деятельности студентов по дисциплине «Программирование мобильных устройств» при формировании профессиональных компетенций будущих специалистов по информатике.*

Ключевые слова: *профессиональные компетенции, мобильные устройства, внеучебная деятельность, информатика, программирование.*

Введение

В современном обществе растет спрос на специалистов, разрабатывающих программы для мобильных устройств. Перед нами стоит задача сформировать у выпускников университета профессиональные компетенции, которые они смогут применять в различных ситуациях трудовой деятельности [1-2]. Для достижения поставленной цели используются всевозможные педагогические технологии, которые способствуют формированию личности, развитию творческой инициативы, прививают навыки приобретения новых знаний и умений.

1. Внеучебная деятельность по дисциплине «Программирование мобильных устройств»

Процесс обучения дисциплине «Программирование мобильных устройств» охватывает курс лекций (14 часов) и лабораторных занятий (20 часов). Очевидно, что за данное количество учебного времени сложно сформировать профессиональные компетенции в этой области. Одним из резервов для достижения образовательных стандартов является внеурочная деятельность студентов.

© Мороз Л. А., 2021

Практической стороной внеучебной деятельности является углубление и расширение теоретических знаний и практических навыков, активизация коммуникативной и познавательной деятельности, обеспечение самореализации и развитие творческих способностей будущих специалистов. Кроме того, может использоваться командная работа, которая позволяет эффективно общаться с коллегами, формирует умение брать на себя ответственность за выполнение заданий.

Педагогический процесс организован в виде последовательности учебно-профессиональных ситуаций, различающихся по степени и характеру активности студентов, проявляющих отдельные компетенции.

На первом этапе для систематизации и закрепления полученных теоретических знаний студентов предлагается составить набор из 5 тестов для проверки усвоения лекционного материала. Используется самый простой способ составления закрытых тестовых заданий – формирование вопросов к понятиям, разработка упражнений, требующих для их выполнения знания свойств выбранного понятия. Выполненное задание студенты отправляют в образовательную среду. Преподаватель формирует файл и выносит его на обсуждение группы. Проводится детальный анализ выбранных для теста понятий, свойств понятий, корректности постановки вопросов и вариантов ответов. Это формирует информационную культуру студентов, способствует более глубокому и всестороннему изучению материала.

На следующем этапе предлагается раздел для создания итогового мобильного проекта. Это могут быть приложения образовательного характера, приложения социального характера, приложения развлекательного характера, приложения справочного характера. Студенты организуются в рабочие группы (2 человека) или работают индивидуально.

Среди наиболее интересных проектов, выполненных студентами, можно выделить приложение для ведения домашнего бюджета, интерфейс которого приведен на рис. 1, и приложение-справочник для туристов, посещающих наш город, интерфейс которого приведен на рис. 2.

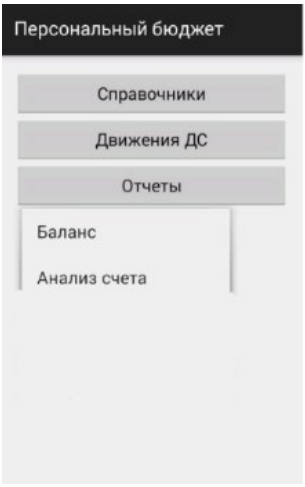


Рис. 1. Приложение «Персональный бюджет»



Рис. 2. Приложение «Справочник туриста по г. Могилеву»

Заключение

Правильно организованная внеучебная деятельность, создающая ситуации активного поиска решений поставленных задач, позволяющая

воплотить оригинальные сценарии, позволяет студентам реализовать свои возможности, приобрести уверенность в своих силах. Это несомненно способствует формированию профессиональных компетенций и пониманию значимости подготовки в области информатики.

Список литературы

1. Потапова, Л. Е. Формирование профессиональных компетенций в области информационных технологий с учётом новых образовательных стандартов / Л. Е. Потапова, Т. Г. Алейникова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XV (62) Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, посвященной 100-летию со дня основания УО «ВГУ им. П.М. Машерова», Витебск, 3-5 марта 2010 г. / гл. ред. А. П. Солодков. – Витебск : Витебский гос. ун-т, 2010. – С. 33-35.

2. Ершова, Н. Ю. Формирование профессиональных компетенций специалистов в области информационных технологий / Н. Ю. Ершова // Высшее образование сегодня. – 2012. – № 3. – С. 24-27.

Решаем логические задачи

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 рассматривается один из способов решения логических задач.*

Ключевые слова: *информатика, логика, задача.*

Введение

В курсе информатики мы регулярно сталкиваемся с логическими задачами и рассматриваем различные способы их решения: составление схем, графов, рассуждение, заполнение таблиц [1]. В 8 классе при изучении темы «Основы логики» учимся решать, используя законы логики. Нам бы хотелось предложить достаточно простой способ решения задач на логику рассуждений, основанный на заполнении таблиц. Данный алгоритм любят использовать наши ученики, так как он им интуитивно понятен.

1. Решение задачи

Задача. Восемь школьников, оставшихся в классе на перемену, были вызваны к директору, потому что один из них разбил окно в кабинете. На вопрос директора, кто это сделал, были получены следующие ответы:

Маша: «Это сделал Петя».

Миша: «Это ложь».

Петя: «Я разбил».

Катя: «Это я разбила».

Валя: «Катя не разбивала».

Вася: «Разбила либо Маша, либо Валя».

Коля: «Девочки этого не делали».

Тоня: «Коля разбил».

Кто разбил окно, если известно, что из этих восьми высказываний истинны только два?

Решение. Построим таблицу (табл. 1), расположив имена детей по горизонтали и по вертикали. Сначала выдвинем гипотезу, что окно разбила Маша, и будем заполнять соответствующий его имени столбец, рассматривая высказывания детей с этой точки зрения.

© Старикова М. Е., Барабаш Г. И., 2021

1. Высказывание Маши, что это сделал Петя, будет ложным, так как мы считаем, что это сделала Маша. Поэтому в первой строке, соответствующей Маше, ставим 0.

2. Высказывание Миши о том, что Маша лжет, будет истинным, поскольку мы знаем, что это сделала Маша. Во второй строке, соответствующей Мише, ставим 1.

3. Заявление Пети, что он разбил окно, будет ложным – ведь мы рассматриваем гипотезу, что это сделала Маша. В третьей строке, соответствующей Пете, ставим 0.

4. Заявление Кати, что она разбила окно, будет ложным. В четвертой строке, соответствующей Кате, ставим 0.

5. А вот Валя сказала правду. В пятой строке, соответствующей Вале, ставим 1.

6. Вася тоже сказал правду, утверждая, что это сделала либо Маша, либо Валя. В шестой строке, соответствующей Васе, ставим 1.

7. Коля сказал ложь, потому что это была работа девочки. В седьмой строке, соответствующей Коле, ставим 0.

8. Высказывание Тони о том, что это сделал Коля, оказалось ложным. В восьмой строке, соответствующей Тоне, ставим 0.

9.

Таблица 1

Таблица с заполненным первым столбцом

	Маша	Миша	Петя	Катя	Валя	Вася	Коля	Тоня
Маша	0							
Миша	1							
Петя	0							
Катя	0							
Валя	1							
Вася	1							
Коля	0							
Тоня	0							

В условии задачи сказано, что из этих высказываний истинны только два. В нашем столбце истинными оказались три высказывания. Поэтому наша гипотеза о том, что Маша разбила окно, неверна.

Далее заполняем столбцы таблицы, последовательно выдвигая гипотезы о виновности каждого из участников (табл. 2).

Таблица 2

Заполненная таблица

	Маша	Миша	Петя	Катя	Валя	Вася	Коля	Тоня
Маша	0	0	1	0	0	0	0	0
Миша	1	1	0	1	1	1	1	1
Петя	0	0	1	0	0	0	0	0
Катя	0	0	0	1	0	0	0	0
Валя	1	1	1	0	1	1	1	1
Вася	1	0	0	0	1	0	0	0
Коля	0	1	1	0	0	1	1	1
Тоня	0	0	0	0	0	0	1	0

Из табл. 2 видно, что Катя разбила окно.

Заполнение таблицы можно упростить, заполняя ее не по столбцам, а по строкам (табл. 3).

10. Высказывание Маши будет истинно, если окно разбил Петя. В остальных случаях будет ложь. В первой строке, соответствующей Маше, ставим везде 0 за исключением столбца, соответствующего Пете.
11. Высказывание Миши будет истинным для всех гипотез, кроме предположения, что окно разбил Петя.
12. Заявление Пети будет истинным только один раз – при рассмотрении гипотезы, что разбил он.
13. Заявление Кати будет истинным только один раз – при рассмотрении гипотезы, что разбил она.
14. Валя окажется не права в том случае, если окно разбила Катя.
15. Вася окажется прав дважды, если разбила окно Маша, либо Валя.
16. Высказывание Коли подтвердилось только в том случае, если разбил окно кто-то из мальчиков.
17. Предположение Тони окажется истинным, если окно разбил Коля.

Таблица 3

Заполнение таблицы по строкам

	Маша	Миша	Петя	Катя	Валя	Вася	Коля	Тоня
Маша	0	0	1	0	0	0	0	0
Миша	1	1	0	1	1	1	1	1
Петя	0	0	1	0	0	0	0	0
Катя	0	0	0	1	0	0	0	0
Валя	1	1	1	0	1	1	1	1

Окончание таблицы 3

Вася	1	0	0	0	1	0	0	0
Коля	0	1	1	0	0	1	1	0
Тоня	0	0	0	0	0	0	1	0

Из построенной табл. 3 делаем те же выводы, что и в первом способе решения.

Заключение

В данной статье рассмотрена методика решения логической задачи, которая, по мнению авторов, является доступной для учащихся и требует немного времени на выполнение.

Список литературы

1. Рябикина, Г. Н. Некоторые алгоритмы решения логических задач / Г. Н. Рябикина // Информатика в школе. – Москва, 2011. – №8. – 2011. – С. 64.

Использование дистанционного обучения при изучении информатики в школе

Н. П. Старикова, email: starikovanp@gmail.com

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы возможности и необходимости внедрения дистанционного обучения в образовательный процесс современной школы.*

Ключевые слова: *Дистанционные образовательные технологии, цифровая образовательная платформа, видеоурок, электронное тестирование, саморазвитие, самообразование.*

Введение

В связи с требованиями сегодняшнего дня и стремительной цифровизацией человечества, связанной с широким внедрением средств интернета, актуальность дистанционного обучения возрастает. Для определения дистанционных образовательных технологий обратимся к закону «Об образовании» [1]. «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». Опираясь на данное определение и заявление Министра просвещения России Сергей Кравцов о дистанционном обучении школьников в стране, можно сделать вывод, что сейчас государство полностью поддерживает и разрешает использование дистанционного образования на всех этапах обучения.

1. Дистанционное обучение в лицее

В настоящий момент в общеобразовательных организациях необходимость в дистанционном обучении возникает все чаще. К занятиям с учащимися, находящимися на домашнем обучении, добавились длительные и частые карантины учащихся практически всей школы. В эти моменты остро встает проблема изучения материала при отсутствии очных занятий, не прерывая контакта обучающихся с учителем. Ребята не должны «выпадать» из учебного процесса на это время. Они должны иметь возможность каким-либо образом получать

© Старикова Н. П., 2021

учебный материал от учителя, консультироваться с педагогом, отправлять на проверку выполненные задания. Тоже происходит и при работе с одаренными детьми, которые изучают темы самостоятельно, готовятся к олимпиадам, конкурсам.

В 2020/21 учебном году во всех школах страны появился обязательный курс, предусмотренный ФГОС среднего общего образования – индивидуальный проект, который включает самостоятельную работу ученика – проект или исследование, который он выполняет в течение двух лет и затем представляет на защиту. Для выполнения этой работы также необходим постоянный контакт с учителем.

Выход из именно таких ситуаций и предлагают нам дистанционные технологии обучения, которые набирают популярность с каждым днём, однако имеют некоторые минусы.

Начну с некоторых минусов, которые существуют при дистанционном обучении. Прежде всего, это отсутствие очного общения между обучающимися и преподавателем. То есть все моменты, связанные с индивидуальным подходом и воспитанием, исключаются. А когда рядом нет человека, который мог бы эмоционально окрасить знания, это значительный минус.

Также существует необходимость наличия целого ряда индивидуально-психологических условий. Для дистанционного обучения необходима жесткая самодисциплина, а его результат напрямую зависит от самостоятельности и сознательности учащегося.

Кроме того, необходим постоянный доступ к источникам информации, нужна хорошая техническая оснащенность: компьютер и выход в Интернет, которые, увы, есть пока не у всех учеников.

И главное, необходим постоянный контроль над обучающимися, который является мощным побудительным стимулом.

Но эти проблемы становятся разрешимыми при правильной организации процесса обучения и квалификации учителя.

В нашем лицее используется цифровая образовательная платформа «Дневник.ру», которая предоставляет прекрасную возможность организации дистанционного обучения с целью повышения качества образования. «Дневник.ру» предлагает следующие сервисы дистанционного обучения: виртуальные конференции, проведение тестов в электронном виде, обмен комментариями к домашним заданиям, школьные объявления, новости, хранение файлов класса, библиотеку и медиатеку готовых учебных материалов.

Видеоурок – инструмент для дистанционного обучения, который позволяет провести урок удалённо в видеоконференции Microsoft Teams.

Можно запланировать и организовать урок непосредственно в расписании класса. При этом каждый ученик будет видеть время начала занятия и сможет войти на урок в нужный момент. Ребенок подключается к видео уроку в один клик.

Участники видеоурока видят и слышат друг друга, поэтому урок проходит в привычном формате: вы объясняете тему и предлагаете ученикам выступить «у доски».

Microsoft Teams позволяет работать с цифровой доской, делиться информацией со своего экрана, не выходя из приложения, опрашивать учащихся, проводить тесты и удобно раздавать задания. Во время онлайн-урока ученики могут комментировать происходящее в текстовом чате, а также включаться в обсуждение голосом. Учитель же располагает инструментами для передачи слова только одному выступающему и для переключения общей трансляции со своего рабочего стола на любой другой (своего рода дистанционный аналог вызова к доске).

Удобный инструмент сервиса «Тесты» позволяет учителю подготовить любой тест в режиме онлайн. Учащийся может сразу узнать результаты, а также пройти тест еще раз. Организована обратная связь: регулярная рефлексия по итогам каждого занятия на форуме учебной группы, где школьники обмениваются мнениями о формах работы, об уровне сложности заданий.

Работа с домашним заданием может строиться в различных режимах. Самый простой, как в бумажном дневнике: записал-выполнил. Но можно прикрепить к домашнему заданию ссылки на Интернет-ресурсы, видеоуроки, тесты. Можно добавить презентацию, аудио и текстовые файлы. Такая форма работы с домашним заданием позволяет осуществлять разноуровневый подход, мотивировать обучающихся к самоподготовке. Это очень удобно, если обучение ведется в дистанционном режиме. Задание, дополненное таким образом, больше носит консультативный характер, позволяет повторить и более широко изучить материал, полученный на уроке. Очень важно, чтобы материалы, дополняющие урок в домашнем задании, не дублировали его, а открывали с другой стороны.

Кроме возможностей цифровой образовательной плаформы «Дневник.ру» при дистанционной форме обучения в нашем лицее используются электронная почта и возможности социальных сетей, что позволяет эффективно решать вопросы обновления форм и методов образовательной и воспитательной деятельности, учитывая тенденции развития информационного общества, интересы и потребности современных детей и подростков.

Заключение

Использование учителями нашего лицея современной и безопасной цифровой образовательной среды помогает обеспечивать формирование ценности к саморазвитию и самообразованию у обучающихся, повышается престиж образования в школе и в целом в обществе. Все это приводит к росту показателей качества образования, делает образовательную систему открытой и понятной родителям и общественности, способствует достижению главного результата работы школы: подготовка личности выпускника – гражданина России 21 века.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. Закон об образовании [Текст] : Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». – Москва : Мозаика-Синтез, 2013. – 267 с.

Соревнования 2020 года первокурсников вузов г. Воронежа по информатике и программированию в online режиме

О. Ф. Ускова, email: sunny.uskova@list.ru [1]
Н. А. Каплиева, email: kaplieva_na@amm.vsu.ru [1]
А. И. Шашкин, email: dean@amm.vsu.ru [1]
А. В. Пешков, email: apechkov@dsr-corporation.com [2]

[1] ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет»
[2] DSR Corporation

Аннотация. *Описаны организация и проведение на платформе Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» очередной олимпиады первокурсников вузов г. Воронежа. Приведены результаты соревнований, в которых участвовали 105 человек, студенческий оргкомитет, тренерский состав.*

Ключевые слова: *информатика, программирование, информационные системы, олимпиада по информатике, студенческий оргкомитет олимпиады, сайт олимпиады, примеры олимпиадных заданий, тренерский состав, итоги олимпиады, спонсорская поддержка DSR Corporation.*

Введение

Студенческие соревнования первокурсников Воронежских вузов по информатике и программированию ежегодно, начиная с 2012 года, проводятся факультетом прикладной математики, информатики и механики Воронежского государственного университета (ПММ ВГУ) на платформе Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» [1–6].

Как показывает опыт организации и проведения соревнований, они активизируют развитие интереса студентов к учебе, к приобретению более разносторонних и глубоких знаний, необходимых для дальнейшей учебы и будущей профессиональной востребованности.

1. Соревнования 2020 года первокурсников вузов г. Воронежа по информатике и программированию в online режиме

В отличие от предшествующих лет, соревнования 2020 года проходили в online режиме при спонсорской поддержке DSR

© Ускова О. Ф., Каплиева Н. А., Шашкин А. И., Пешков А. В., 2021

Corporation, президент которой Пешков Анатолий Васильевич – выпускник факультета ПММ ВГУ.

Основное отличие нынешней олимпиады от подобных соревнований первокурсников предыдущих лет состоит в том, что большую основную работу по организации и проведению олимпиады 2020 года проводил студенческий оргкомитет, в состав которого входили 6 старшекурсников факультета ПММ ВГУ, которые в свои годы обучения на 1 курсе успешно выступали на подобных соревнованиях.

В состав студенческого оргкомитета олимпиады первокурсников по информатике и программированию входили следующие студенты:

- Сырых Александр, 4 курс – председатель оргкомитета;
- Усков Даниил, 4 курс;
- Байбородов Серафим, 4 курс;
- Коток Игорь, магистрант 1 курса;
- Кракова Софья, 3 курс;
- Рябых Ирина, 3 курс;
- Бондаренко Олег, 3 курс.

Среди перечисленных членов оргкомитета только один (Бондаренко Олег) учится на кафедре математических методов исследования операций, все остальные специализируются на кафедре математического обеспечения ЭВМ.

Сфера работы членов оргкомитета олимпиады первокурсников достаточно трудоемка и разнообразна:

- разработка и ведение сайта олимпиады;
- составление необходимых текстовых данных к условиям олимпиадных заданий;
- ответы на вопросы соревнующихся;
- проверка и оценивание присланных решений;
- составление и анализ таблиц участников олимпиады.

Информация о предстоящей олимпиаде первокурсников и правилах участия в ней были выставлены на сайте ВГУ и сайте факультета ПММ ВГУ за 10 дней до начала состязаний. Согласно правилам участия олимпиада состоялась 2 декабря 2020 года. Олимпиадные задания были выставлены в 11 часов. По указанной ссылке можно было скачать задания олимпиады и до 13 часов 2 декабря отправить решения (заполненный бланк ответов) на почту: olimpiadapmm@yandex.ru.

Первокурсники, принимавшие участие в олимпиаде, представляли вузы г. Воронежа и г. Тамбова:

- Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ);
- Воронежский государственный университет (ВГУ);

– Воронежский государственный педагогический университет (ВГПУ);

– Воронежский государственный технический университет (ВГТУ);

– Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (ВУНЦ ВВС «ВВА»);

– Воронежский государственный университет инженерных технологий (ВГУИТ);

– Воронежский институт высоких технологий (ВИВТ).

Всего в соревнованиях участвовали 105 первокурсников (30 девушек и 75 юношей). Наибольшее количество участников (73 человека) было из ВГУ. Это первокурсники факультета компьютерных наук (ФКН ВГУ) и ПММ ВГУ. ВГПУ представляли 12 первокурсников, ВУНЦ ВВС «ВВА» 10 человек, ТГТУ и ВГУИТ по 3 первокурсника, по 2 участника соревновались из ВИВТ и ВГТУ. Соревнующимся было предложено 20 заданий различного уровня сложности.

С удовольствием отметим, что, несмотря на удаленный режим, не было одинаковых работ среди всех 105 участников олимпиады. Кроме того, отсутствовали нулевые работы соревнующихся первокурсников.

С задачами типа заданий первых двух частей ЕГЭ по информатике справилось большинство участников олимпиады. Например, не вызвало затруднений у половины участников следующее задание:

Что будет выведено на печать в результате выполнения следующей программы (см. рисунок ниже; выберите язык программирования по своему усмотрению).

Файл input содержит числа:

1, –5, 100, 0, –6, –100, 8, 51, 48, 0

Сформулировать условие задачи.

Отметим несколько заданий, которые вызвали затруднения соревнующихся. Прежде всего, это вопросы, касающиеся истории информатики и программирования. Никто из участников не смог назвать ЭВМ Советского Союза, которая первой в мире выполняла миллион операций в секунду.

Непосильными для большинства первокурсников оказались вопросы:

– Сколько байт необходимо для записи названия любого города нашей страны, принимающего участие в параде 7 ноября 1942 года?

– Что такое микропроцессор? (Укажите номер правильного ответа)

1 – программа
2 – микросхема
3 – файл
4 – запоминающее устройство
5 – оперативная память
6 – блок-схема
7 – алгоритм
8 – устройство управления

на языке Бейсик

```
10 DATA 1,-5,100,0,-6,-100, 8
15 DATA 51, 48, 0
20 DIM X(10)
25 N=10
30 FOR I=1 TO N
40 READ X(I)
50 NEXT I
60
MA=ABS(X(1)+X(2)):K=1:P=2
70 FOR I=1 TO N-1
80 FOR J=I+1 TO N
90 C=ABS(X(I)+X(J))
100 IF C>MA THEN
MA=C:K=I:P=J
110 NEXT J
120 NEXT I
130 PRINT "K=";K;"P=";P
140 END
```

на языке Паскаль

```
program p1(input, output);
const n=10;
var x:array[1..10] of real;
    i,j,j,k,p:integer;
    MA,b:real;
begin
 for i:=1 to n do
  read(x[i]);
 MA:=abs(x[1]+x[2]);
 k:=1; p:=2;
 for i:=1 to n-1 do
  for j:=i+1 to n do
   begin
    b:=abs(x[i]+x[j]);
    if b>MA then
     begin
      MA:=b;
      k:=i; p:=j
     end
   end;
 writeln('k=',k,'p=',p)
end.
```

Рисунок. Текст программы

Задания на составление линейных и разветвляющихся алгоритмов сделали большинство соревнующихся.

Несмотря на то, что программы на языке программирования Паскаль составляются в средних школах на уроках информатики, 68 % первокурсников не смогли ответить на вопрос «Когда и кем создан язык Паскаль?». Языку программирования Паскаль в наступившем 2021 году

исполняется 50 лет. Его создал Никлаус Вирт, директор института информатики Швейцарской высшей политехнической школы в Цюрихе.

Нельзя не отметить, что 26 сентября 2005 года студенты факультета ПММ ВГУ Антон Поцюс и Александр Хаустов, как победители олимпиады по программированию, присутствовали на выступлении Н. Вирта на Международной конференции в Нижегородском университете и получили учебник с автографом основателя языка Паскаль.

Приведем результаты олимпиады первокурсников по информатике и программированию 2020 года, в которой участвовали студенты 6 вузов г. Воронежа и одного вуза г. Тамбова.

– Первое место завоевал первокурсник факультета ПММ ВГУ Провоторов Александр. Его результат 35 баллов.

– На второе место вышли два представителя факультета ПММ ВГУ, отстав от победителя всего на 1 балл: Молодая Анна и Лысенко Ростислав.

– Третье место с результатом 33 балла заняли три первокурсника: Скофенко Кирилл (ФКН ВГУ), Шерстяных Максим (ВУНЦ ВВС «ВВА»), Конюхова Дарья (ПММ) ВГУ.

Самый высокий средний балл 22,5 у студентов ВГУ. Второе место по среднему баллу у первокурсников ВГПУ. Он составляет 19,6. На третье место по среднему баллу, равному 10, вышли курсанты первого курса ВУНЦ ВВС «ВВА».

Представим участников соревнований, показавших в своих вузах, лучший результат после призеров, занявших призовые 1-3 места, о которых было рассказано выше.

Набрали 32 балла (отстав на один балл от призеров соревнования, занявших третье место), три курсанта ВУНЦ ВВС «ВВА»:

– Потемкин Сергей;
– Пятин Дмитрий;
– Сыромятников Евгений

и 10 первокурсников ВГУ:

– Коробова Ульяна;
– Прысенко Дмитрий;
– Дудкин Илья;
– Волченко Сергей;
– Алперин Андрей;
– Прядченко Георгий;
– Серов Николай;
– Гладких Яна;
– Казанин Андрей;

– Корнеева Виктория.

Среди студентов ВГПУ наибольшее количество баллов 29 получил Акулов Олег.

Результат лучшего первокурсника ВГУИТ Бухарина Николая составляет 26 баллов. Столько же баллов (26) набрал лучший среди первокурсников ВИВТ Осипов Евгений.

Лучший результат 18 баллов среди своих сокурсников ВГТУ показал Остапенко Владимир.

Лучший результат 11 баллов среди первокурсников ТГТУ, участвовавших в олимпиаде первокурсников воронежских вузов, достигли Попов Алексей и Потапов Вадим.

К олимпиаде первокурсников воронежских вузов 2020 года участников подготовил тренерский состав:

ФКН ВГУ

– Соломатин Дмитрий Иванович, ст. преподаватель,
– Нужных Алексей Васильевич, ассистент,
– Ногих Александр, аспирант;

ВГПУ

– Гарковенко Галина Валерьевна, доцент,
– Сидорова Оксана Анатольевна, доцент;

ТГТУ

– Поляков Дмитрий Вадимович, доцент,
– Елисеев Алексей Игоревич, доцент,
– Минин Юрий Викторович, доцент;

ВИВТ

– Преображенский Андрей Петрович, доцент;

ВГУИТ

– Коробова Людмила Анатольевна, доцент;
– Доценко Наталия Валерьевна, доцент;

ВУНЦ ВВС «ВВА»

– Афанасьевский Леонид Борисович, доцент;
– Игнатов Дмитрий Валерьевич, ст. преподаватель;
– Тараблина Ольга Викторовна, преподаватель;
– Петренко Дмитрий, ст. преподаватель.

Все тренеры, подготовившие своих первокурсников к соревнованиям, получили сертификаты тренеров.

Спонсор олимпиады DSR Corporation наградила победителей олимпиады, занявших первые три места, денежными призами, а членов студенческого оргкомитета денежными премиями.

Все первокурсники, участвующие в олимпиаде по информатике и программированию 2020 года, получили сертификаты участника олимпиады и сувениры компании DSR Corporation.

Заведующие кафедрами факультета ПММ ВГУ Абрамов Г. В. и Азарнова Т В. наградили всех участников олимпиады с факультета ПММ ВГУ учебными пособиями преподавателей кафедр факультета ПММ ВГУ МО ЭВМ и ММИО.

Активно поддерживают проведение студенческих олимпиад по информатике и программированию:

– Гришаев О. В. – проректор ВГУ по воспитательной работе;
– Громов Ю. Ю. – профессор ТГТУ;
– Козодёров О. А. – проректор ВГУ по научной работе и инновациям;
– Листенгартен В. С. – ученый секретарь Совета ректоров воронежских вузов;
– Калачев В. В. – начальник факультета радио-электронной борьбы (и информационной безопасности) ВУНЦ ВВС «ВВА»;
– Попов В. Н. – ректор ВГУИТ;
– Тихомиров С. Г. – профессор ВГУИТ;
– Малев В. В. – декан физико-математического факультета ВГПУ;
– Львович И. Я. – ректор ВИВТ;
– Крыловецкий А. А. – доцент ФКН ВГУ.

Большую работу по организации олимпиады провели сотрудники DSR Corporation:

– Пешков Анатолий Васильевич – Президент DSR Corporation;
– Пешков Андрей Васильевич – Вице-президент DSR Corporation по административным вопросам;
– Бычков Александр Аркадьевич – Вице-президент по разработке ПО, DSR Corporation, Воронежский офис;
– Чернышова Ирина Борисовна – руководитель HR отдела DSR Corporation, Воронежский офис.

Заключение

Опыт организации и проведения студенческих олимпиад по информатике и программированию показывает, что они активизируют студенческую научно-исследовательскую работу, развивают различные формы студенческого самоуправления и способствуют повышению качества подготовки специалистов в области информатики, программирования, современных компьютерных технологий.

Список литературы

1. Ускова, О. Ф. Программное, учебно-методическое информационное и организационное обеспечение студенческих олимпиад по программированию / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Черноземный альманах научных исследований. Сер. Прикладная математика и информатика. – Воронеж, 2006. – Вып. 1(2). – С. 37-62.

2. 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.

3. Ускова, О. Ф. Образовательный процесс и олимпиадное студенческое движение / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Ряды Фурье и их приложения : тез. докл. V междунар. симпозиума, 27 мая – 3 июня 2008 г. Новороссийск. – Ростов-на-Дону, 2008. – (Математика. Экономика. Образование : XVI междунар. конф.). – С. 260.

4. Ускова, О. Ф. Всероссийские студенческие олимпиады по информатике и программированию и современное образование [Электронный ресурс] / О. Ф. Ускова, О. Д. Горбенко // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 2. – Режим доступа : http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=1093

5. Интеллектуальная викторина 2016 года первокурсников вузов города Воронежа по информатике и программированию / О. Ф. Ускова, А. И. Шашкин, Г. В. Пономарев, Н. А. Каплиева // Информатика : проблемы, методология, технологии : сборник материалов 17-й международной научно-методической конференции, Воронеж 9-10 февраля 2017 г. : в 5 т. – Воронеж, 2017. – Т. 5. – С. 121-125.

6. Ускова, О. Ф. Соревнования по информатике и программированию – составная часть совершенствования учебно-образовательной среды вуза / О. Ф. Ускова, Г. В. Пономарев, А. И. Шашкин // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования : материалы научной конференции «Герценовские чтения – 2020», Санкт-Петербург, 7-10 апреля 2020 г. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2020. – С. 137-139.

Секция 2
ЕГЭ по информатике

Обзор изменений в заданиях ЕГЭ по информатике 2021

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 изменения проведения ЕГЭ по информатике в 2021 году, а также ресурсы сети Интернет для подготовки к экзаменам.*

Ключевые слова: *ЕГЭ, информатика.*

Введение

Единый государственный экзамен является показателем обученности выпускников и качества работы учителя.

Сегодня, в век глобализации, сдача ЕГЭ по информатике актуальна для тех выпускников школы, которые планируют поступать в ВУЗы на самые перспективные специальности, например, в сфере нанотехнологий, системного анализа и управления, разработки ракетных комплексов и космонавтики, ядерной физики и высоких технологий. Многие выпускники 11 класса сегодня видят перспективы своего дальнейшего обучения именно в сфере информационно-коммуникационных технологий, так как информатика является интегрирующим звеном для многих наук и технологий.

Чтобы помочь выпускникам, желающим связать свою жизнь с информатикой, необходимо качественно подготовить их к сдаче Единого государственного экзамена, так как на сегодняшний день это основная форма вступительных испытаний. Информатика и ИКТ имеют ряд особенностей по сравнению с другими школьными дисциплинами, и на это необходимо обращать особое внимание.

1. Изменение в проведении ЕГЭ по информатике

За последние 5 лет ЕГЭ по информатике почти не менялся, но экзамен по информатике 2021 существенно изменился, и главное нововведение – экзамен будет проходить теперь в компьютерной форме. Но это не значит, что все задания нужно решать только на компьютере! Часть заданий сохранилась с прошлых лет, и их придется решать «вручную». На экзамене можно будет использовать текстовый редактор, редактор электронных таблиц и среды для программирования, а это значит, что вычисления также можно будет выполнять на

© Барабаш Г. И., Старикова М. Е., 2021

компьютере. Изменения коснулись задания по программированию. Увеличилось количество заданий, где необходимо самому писать программный код. Программирование встречается в восьми заданиях, а именно: в 6, 16, 17, 22, 24, 25, 26 и 27. Чтобы справиться с ними достаточно хорошо знать только один язык программирования. Нужно уметь работать с массивом, строками, файлами, знать алгоритмы сортировки и другие не менее важные алгоритмы работы с числами.

Появились новые задания на поиск данных в текстовом документе и на работу с электронными таблицами.

На ЕГЭ 2021 все задания будут с кратким ответом, больше не нужно писать подробные объяснения по теории игр и сдавать программный код на проверку на бумаге. Но это не значит, что все задания идентичны.

Хотя ЕГЭ по информатике и проходит в компьютерной форме, в КИМах по-прежнему остаются задания, которые придется решать, как раньше, то есть на бумаге, в них необходимо получить число или последовательность букв в ответе. За задание 1-24 можно получить 1 первичный балл, а за задания 25, 26 и 27 – по 2 балла. Единый государственный экзамен – это форма проверки знаний учащихся, требующая хорошо продуманной системы работы учителя по подготовке к нему. И здесь на помощь учителю приходят Интернет-ресурсы.

Подготовку к выпускному экзамену рекомендуется начинать со знакомства с публикациями утвержденных документов, определяющих структуру и содержание КИМ ЕГЭ, расположенных на сайте ФИПИ (http://fipi.ru/). Демонстрационный вариант является примером для подготовки. С этого года появился Навигатор подготовки, в том числе самоподготовки [1].

Очень интересный и полезный ресурс предлагает Поляков Константин Юрьевич (доктор технических наук, учитель высшей категории) на созданном им портале. В представленных материалах сравниваются различные способы решения, анализируются их достоинства и недостатки, возможные проблемы и «ловушки», что особенно актуально для участников ЕГЭ. Даны рекомендации по выбору наиболее эффективных методов решения задач [2].

Особенно хочется отметить новый тренажёр компьютерного ЕГЭ, являющийся копией официального, но позволяющий загружать любой вариант из генератора тестов. Можно тренироваться при помощи системы сетевого тестирования NetTest для подготовки к ЕГЭ, проходить онлайн-тесты. Также появилась возможность создавать собственные варианты при помощи Генератора тренировочных

вариантов ЕГЭ. Портал предоставляет большие возможности для подготовки к экзамену.

Дистанционная обучающая система для подготовки к государственным экзаменам «РЕШУ ЕГЭ» – удобный ресурс. Ко всем заданиям есть подробные решения и ответы, что позволяет учащимся занимается самостоятельно. Система позволяет создавать собственные варианты различных видов работ, распечатывать отдельные задания и тесты в разных форматах, многое другое [3].

Заключение

ЕГЭ в 2021 году сильно изменился, изменились задания, изменился формат проведения. Для успешной сдачи экзамена нужна хорошая подготовка. Помощь в этом могут оказать Интернет-ресурсы.

Список литературы

1. Навигатор подготовки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fipi.ru/navigator-podgotovki/navigator-ege#inf
2. Преподавание, наука и жизнь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kpolyakov.spb.ru/school/ege.htm
3. Дистанционная обучающая система для подготовки к государственным экзаменам «РЕШУ ЕГЭ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://решуегэ.рф.

Сравнение временных интервалов выполнения алгоритмов на разных по количеству элементов последовательностях

В. И. Рыбас, email: rwi@mail.ru

МБОУ лицей № 4 г. Россоши Россошанского муниципального района

Аннотация. *Рассмотрено решение задачи на обработку последовательности элементов переборным (неэффективным по количеству операций и по памяти) и эффективным алгоритмами на языках программирования Pascal, Python и Java. Приведены сравнительные характеристики временных затрат при решении с небольшим (до 100) и большим (до 100000) количеством элементов последовательности.*

Ключевые слова: *время выполнения программы, количество исходных данных в последовательности, эффективность алгоритма.*

Введение

ЕГЭ по информатике и ИКТ всегда считался одним из самых сложных, но и одним из наиболее востребованных экзаменов среди выпускников. Такая ситуация связана прежде всего с запросами в качестве обязательного экзамена по информатике среди перспективных направлений подготовки ВУЗов. Самым важным изменением в ЕГЭ по информатике и ИКТ в 2021 году является компьютерная форма проведения экзамена.

1. Факторы, влияющие на выбор алгоритмов при решении задания №27 ЕГЭ по информатике

Одним из самых сложных заданий ЕГЭ по информатике и ИКТ является задание №27, решением которого должна быть программа, написанная на одном из языков программирования, позволяющая обработать последовательность элементов записанных в файле данных. Компьютерная форма проведения экзамена предполагает в качестве ответа одно или несколько чисел, являющихся результатом такой обработки. При выборе алгоритма решения задачи необходимо задуматься о различных факторах:

- выбор языка программирования;
- количество элементов последовательности в файле данных;
- временные затраты при выполнении алгоритма.

© Рыбас В. И., 2021

Если рассмотреть условие 27 задания в официальном КИМе, представленном на сайте ФИПИ, то одним из немаловажных факторов является дополнение в конце текста условия. Приведем дословно это дополнение: «Предупреждение: для обработки файла B не следует использовать переборный алгоритм, вычисляющий сумму для всех возможных вариантов, поскольку написанная по такому алгоритму программа будет выполняться слишком долго». В связи с этим возникает несколько вопросов:

– насколько долго;
– на каком языке программирования дольше.

2. Сравнение временных интервалов выполнения алгоритмов на разных по количеству элементов последовательностях

Для проведения эксперимента рассмотрим стандартную задачу, решаемую двумя разными алгоритмами с использованием последовательностей, расположенных в текстовых файлах.

Условие задачи. В файле данных находится последовательность положительных чисел. В первой строке файла положительное число N, определяющее количество чисел в последовательности. В остальных N строках содержатся N положительных чисел последовательности. Определить максимальную сумму пары чисел последовательности.

Файл A содержит последовательность из 60 чисел, файл B содержит 60000 чисел.

Будем решать задачу с использованием двух самых популярных среди выпускников языков программирования Pascal, Python и Java.

Решим задачу двумя алгоритмами – неэффективным (переборным) и эффективным (однопроходным).

Рассмотрим неэффективный алгоритм решения по памяти, связанный с организацией хранения последовательности данных в виде одномерного массива, и добавим неэффективность решения по количеству операций с перебором всех существующих вариантов и увеличению количества операций пропорционально увеличению количества элементов.

Реализуем неэффективный алгоритм в виде программы на выбранных языках программирования, используя данные, представленные в файле A.

Листинг 1

Реализация неэффективного алгоритма на PascalABC.net

```
program p1;
var
a:array [1..100000] of integer;
N, i, j, m, start, finish: integer;
begin
  start := Milliseconds;
  Assign( input, 'A.txt' );
  Readln( N );
  for i:=1 to N do
    Readln( a[i] );
  m:=0;
  for i:=1 to n-1 do
    for j:=i+1 to n do
      if a[i]+a[j]>m
        then
         m:=a[i]+a[j];
  writeln(m);
  finish := Milliseconds;
  writeln('Time: ', (finish - start)/1000);
end.
```

Листинг 2

Реализация неэффективного алгоритма на Python 3.9.1

```
import time
t0 = time.time()
Fin = open('A.txt')
N = int(Fin.readline())
A =[]
m=0
for i in range(N):
    A.append(int(Fin.readline()))
for i in range(len(A)-1):
    for j in range(i+1, len(A)):
        if m < A[i] + A[j]:
            m=A[i]+A[j]
print(m)
Fin.close()
t1 = time.time() - t0
print("Time: ", t1)
```

Листинг 3

Реализация неэффективного алгоритма на Java 8

```
import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.util.Scanner;
public class Main {
public static void main(String[] args) throws IOException {
double start = System.currentTimeMillis();
Scanner scanner = new Scanner(new File("A.txt"));
        int[] numbers;
        int n = 0;
        if (scanner.hasNext()) {
            n = scanner.nextInt();
}
        numbers = new int[n];
        for (int i = 0; i < n; i++) {
            numbers[i] = scanner.nextInt();
}
        scanner.close();
        int m = 0;
        for (int i = 0; i < numbers.length - 1; i++) {
        for (int j = i + 1; j < numbers.length; j++) {
         if (m < numbers[i] + numbers[j]) {
                    m = numbers[i] + numbers[j];
}
            }
        }
System.out.println(m);
double difference = System.currentTimeMillis() - start;
System.out.println("Time: "+ difference / 1000);
}
}
```

Результаты выполнения программ на данных, представленных в файле A.txt (60 элементов последовательности):

- PascalABC.net – 0,017с;
- Python 3.9.1 – 0,011с;
- Java 8 – 0,036с.

Заменим файл A на файл B, в котором находится последовательность из 60000 элементов и рассмотрим результаты выполнения программ:

- PascalABC.net – 19,286с;
- Python 3.9.1 – 1299,842с;
- Java 8 – 1,885с.

Рассмотрим эффективный алгоритм решения, используя один просмотр всей последовательности элементов без хранения в виде массива с поиском двух самых больших чисел.

Реализуем эффективный алгоритм в виде программы, на выбранных языках программирования используя данные, представленные в файле A.

Листинг 4

Реализация эффективного алгоритма на PascalABC.net

```
program p1;
var
    m1,m2,start, finish, a, b: integer;
    N, i: integer;
begin
  start := Milliseconds;
  Assign( input, 'A.txt' );
  readln(N);
  readln(a);
  readln(b);
  m1:=max(a,b);
  m2:=min(a,b);
  for i:=3 to n do
  begin
    readln(a);
    if a>m1 then
    begin
      m2:=m1;
      m1:=a;
    end
    else
      if a>m2 then
        m2:=a;
  end;
  writeln(m1+m2);
  finish := Milliseconds;
  writeln('Time: ', (finish - start)/1000);
end.
```

Листинг 5

Реализация эффективного алгоритма на Python 3.9.1

```
import time
t0 = time.time()
Fin = open("A.txt")
N=int( Fin.readline() )
a=int( Fin.readline() )
b=int( Fin.readline() )
m1=max(a,b)
m2=min(a,b)
for i in range(N-2):
    a=int( Fin.readline() )
    if a>m1:
        m2=m1
        m1=a
```

Окончание листинга 5

```
    else:
        if a>m2:
            m2=a
print(m1+m2)
Fin.close()
t1 = time.time() - t0
print("Time: ", t1 )
```

Листинг 6

Реализация эффективного алгоритма на Java 8

```
import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.util.Scanner;
public class Main {
public static void main(String[] args) throws IOException {
double start = System.currentTimeMillis();
Scanner scanner = new Scanner(new File("A.txt"));
        int n = 0;
        if (scanner.hasNext()) {
            n = scanner.nextInt();
}
int a = scanner.nextInt();
        int b = scanner.nextInt();
        int m1 = Math.max(a, b);
        int m2 = Math.min(a, b);
        for (int i = 0; i < n - 2; i++) {
            a = scanner.nextInt();
            if (a > m1) {
                m2 = m1;
                m1 = a;
                       } else {
                        if (a > m2) {
                         m2 = a;
                                 }
            }
        }
scanner.close();
System.out.println(m1 + m2);
double difference = System.currentTimeMillis() - start;
System.out.println("Time: "+ difference / 1000);
}
}
```

Результаты выполнения программ на данных, представленных в файле A.txt (60 элементов последовательности):

- PascalABC.net – 0,015с;
- Python 3.9.1 – 0,011с;
- Java 8 – 0,039с.

Заменим файл A на файл B в котором находится последовательность из 60000 элементов и рассмотрим результаты выполнения программ:

– PascalABC.net – 0,031с;
– Python 3.9.1 – 0,031с;
– Java 8 – 0,252с.

Запишем результаты в виде таблицы и выполним их анализ.

Анализируя временные затраты для эффективного алгоритма, можно прийти к выводу, что выбор языка программирования вряд ли повлияет на скорость обработки даже очень больших последовательностей.

Таблица

Временные затраты

Языки программи-рования	Неэффективный алгоритм (с)		Эффективный алгоритм (с)	
	Файл A.txt	Файл B.txt	Файл A.txt	Файл B.txt
PascalABC.net	0,017	19,286	0,015	0,031
Python 3.9.1	0,011	1299,842	0,011	0,031
Java 8	0,039	1,885	0,039	0,252

С другой стороны, если использовать неэффективный алгоритм (он проще, его чаще всего знают выпускники, реализуется в виде программы очень быстро) то можно увидеть парадоксальные результаты:

– для PascalABC.net – придется подождать результатов обработки второго файла целых 20 секунд;
– для Python – 20 с лишним минут – это очень большой промежуток времени и на ЕГЭ такие временные затраты невозможны.

Наиболее оптимальные результаты на всех этапах показал язык программирования Java.

Временные затраты также зависят от характеристик компьютера и устаревшие модели показывали результаты в 10 раз хуже.

Заключение

В данной статье были рассмотрены временные затраты эффективного и неэффективного способа решения задач №27 ЕГЭ по информатике. Время выполнения переборных алгоритмов является очень большим и возрастает пропорционально количеству элементов последовательности в совокупности со сложностью операций по

определению необходимых результатов. При подготовке к экзамену выпускник должен четко понимать, что неэффективные алгоритмы могут привести к очень длительному ожиданию результатов, о чем и предупреждают разработчики КИМов. Для эффективного решения необходимо применять оптимальные способы хранения данных, алгоритмы обработки с минимальным количеством операций.

Список литературы

1. Тематический сайт для подготовки к ЕГЭ по информатике. – Режим доступа : https://www.kpolyakov.spb.ru/school/ege.htm

2. Тематический канал видематериалов для подготовки к ЕГЭ по информатике. – Режим доступа : https://www.youtube.com/channel/UCmUcjDHUkIMhfqBfyHYXYuA

3. Федеральный институт педагогических ихмерений. – Режим доступа : http://fipi.ru/EGE-I-GVE-11/demoversii-specifikacii-kodifikatory

Секция 3
Проектная технология обучения на основе ИКТ

Использование сервиса Trello при работе над проектом

О. П. Чернышова, email: chernishovi@yandex.ru

МКОУ Нововоронежская СОШ № 3

Аннотация. *В данной работе рассматривается интернет-сервис Trello, начало работы с ним и возможности использования этого сервиса при проектной деятельности учащихся старшей школы.*

Ключевые слова: *проектная деятельность, старшая школа, интернет-сервис, онлайн-сервис, Trello.*

Введение

В настоящее время при работе над проектом в старших классах очень часто возникает необходимость онлайн общения ученика и учителя. Для этого мы обычно прибегаем к различным средам: мессенджеры, социальные сети, электронные дневники. У каждого из них есть свои плюсы и минусы.

Что должно быть в этой среде? Это и порядок выполнения, и критерии оценивания, и тайминг, обязательна обратная связь и многое другое. Главное, чтобы это все было перед глазами и периодически приходили напоминания.

1. Использование сервиса Trello при работе над проектом

На мой взгляд, с этой задачей прекрасно справляется Trello – облачная программа для управления проектами небольших групп, разработанная Fog Creek Software. Основные преимущества Trello: работа с несколькими проектами, русскоязычный интерфейс, бесплатность, достаточно удобный интерфейс, возможность установить приложение на мобильные устройства.

Для того, чтобы начала надо пройти простой этап регистрации на официальной странице Trello [1]. Для этого в верхнем правом углу страницы (рис. 1) нажать кнопку «Зарегистрироваться».

Далее надо указать действующий адрес электронной почты, свои фамилию и имя, придумать пароль. Нажимаем кнопку «Зарегистрироваться» (рис. 2) и начинаем работу с сервисом.

Для подтверждения регистрации надо открыть электронное письмо от Trello и перейти из него по ссылке.

После перехода по ссылке из письма внизу открывшейся страницы надо отказаться от перехода на «Бизнес-режим» (он платный).

© Чернышова О. П., 2021

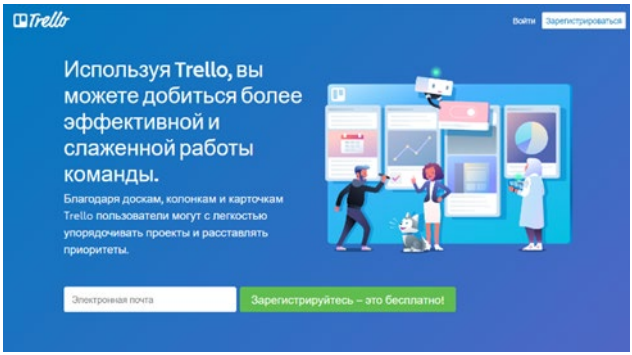


Рис. 1. Стартовая страница сервиса trello.com

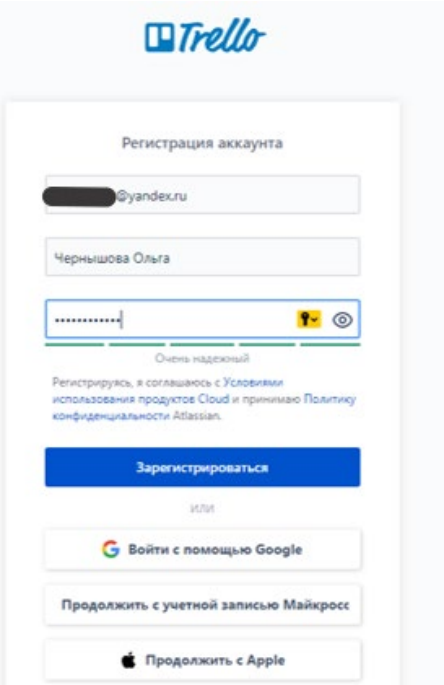


Рис. 2. Окно регистрации.

Когда все регистрационные этапы пройдены мы переходим на главную страницу сервиса (рис. 3).

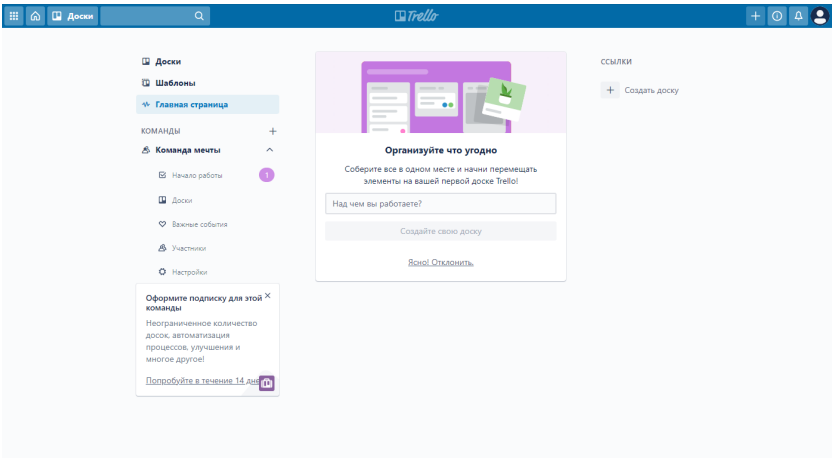


Рис. 3. Главная страница сервиса Trello.

Рассмотрим основные кнопки верхнего меню (рис. 3):

– переход на главную страницу Trello (кнопка с домиком);
– открытие списка созданных досок (кнопка «Доски»);
– создание новой доски или команды (кнопка со знаком «плюс»);
– открытие окна уведомлений о новых событиях (кнопка с колокольчиком).

В левом меню чаще всего используются пункты Доски и Главная страница, дублирующие кнопки Верхнего меню.

Структура Trello включает:

– доски
– списки
– карточки

Доска – это один рабочий экран, который логически разделен на списки. Списки, в свою очередь, представляют собой вертикальные ряды для хранения карточек.

Карточки – это специальные формы для описания задач. Их можно двигать как внутри одного списка, так и свободно перемещать между списками или досками. Списки тоже можно перемещать. Для любой задачи можно назначить людей, ответственных за ее выполнение. Trello

предлагает множество полезных возможностей для оформления, настройки и управления своими функциональными элементами.

Для создания новой доски нажимаем на кнопку со знаком «плюс» верхнего меню. Даем ей название (у меня, например, по фамилии ученика названа Петров). После этого открывается страница доски (рис. 4).

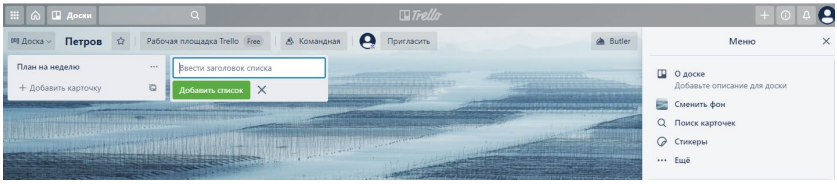


Рис. 4. Страница только что созданной доски.

Каждую из досок можно выделять под конкретные проекты учащихся. Учащихся удобно приглашать к совместной работе, кликнув по кнопке «Пригласить» внутри конкретной доски.

Доски можно копировать. Название доски может менять только создатель (учитель). Каждая доска настраивается под конкретный проект. Рабочая доска у меня выглядит так, как показано на рис. 5.

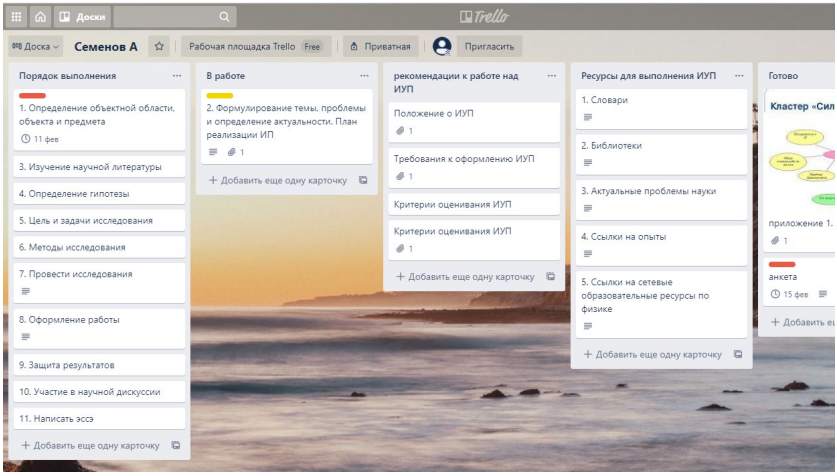


Рис. 5. Доска работы над проектом.

Открыв страницу карточки (рис. 6) можно дать описание или набрать какой-либо текст, прикрепить файл с компьютера или Google

Диска, ссылку из интернета, установить срок выполнения данного этапа работы, прокомментировать действия учащегося. На любую карточку можно поставить метку, чтобы упростить поиск.

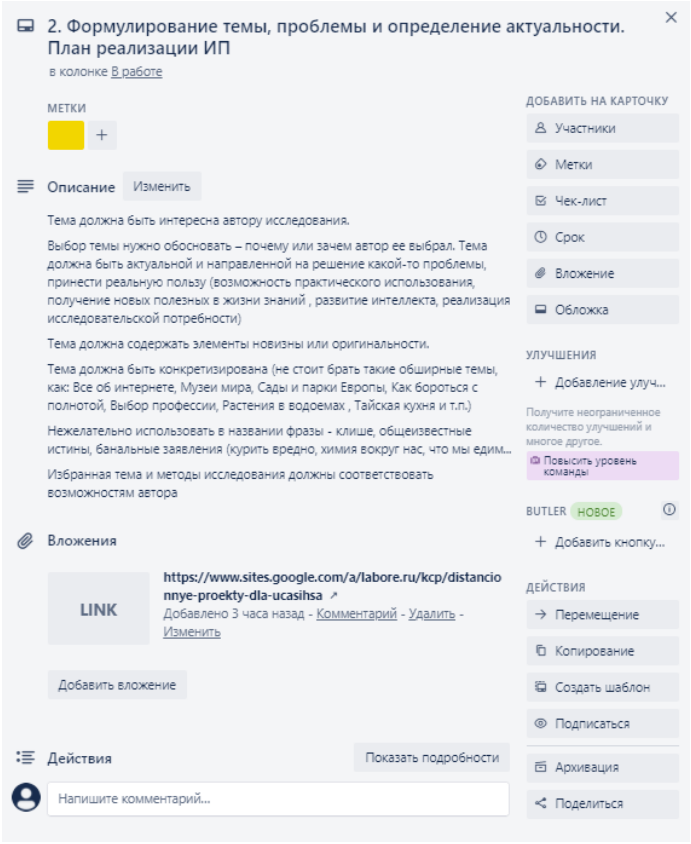


Рис. 6. Страница карточки

У меня при работе с учащимися структура доски имеет вид, представленный на рис. 5. Есть обязательные списки, используемые при работе над проектами, например: «Рекомендации по работе над проектом», «Порядок выполнения», «В работе», «Проверено», «Готово». Есть списки, которые ученики наполняют сами, а я контролирую их наполнение, это, например, «Ресурсы для выполнения проекта», «Мой план работы».

На каждую карточку я ставлю время сдачи. За некоторый период времени ребенку приходит напоминание о необходимости выполнения какого-то этапа работы.

Заключение

Над доской одновременно в онлайн режиме могут работать все приглашенные участники. В меню доски отображается кто и когда работал с карточками. Это очень удобно и при командной работе, и при индивидуальном проектировании.

Список литературы

1. Интернет-сервис Tello [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://trello.com/

Секция 4
Компьютерное моделирование и образовательные технологии

Технология непрерывного high-hume образования в цифровой образовательной среде на основе high-tech системы суггестивнолингвистического мониторинга, анализа и управления учебным контентом, каналами коммуникаций и профессиональной деятельностью преподавателей-тьюторов

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 докладе рассматривается технология непрерывного high-hume образования в цифровой образовательной среде на основе high-tech системы суггестивнолингвистического мониторинга, анализа и управления учебным контентом, каналами коммуникаций и профессиональной деятельностью преподавателей-тьюторов. В работе анализируются функциональные особенности и типология учебных каналов, предлагается перечень параметров для мониторинга и комплексной оценки эффективности непрерывного образования в цифровой high-hume образовательной среде. Представлены особенности формирования знаний, умений и навыков учащихся школ и профессиональных компетенций выпускников вузов по ИТ-направлениям на основе суггестивнолингвистического мониторинга, анализа и управления учебной деятельностью.*

Ключевые слова: *технология непрерывного high-hume образования, high-tech система управления образованием, суггестивная лингвистика, мониторинг, анализ, учебные каналы, контент, профессиональные коммуникации, ИТ подготовка.*

Введение

В цифровой экономике и образовании профессионально-предметная и учебная информация создается и обрабатываться либо субъектами цифровой деятельности (СЦД), либо генерируется, обрабатывается и сохраняется моделями, алгоритмами, системами и средствами искусственного интеллекта (АССИИ) [1-3].

В цифровой образовательной среде значительная часть профессиональной, предметной учебной и научной информации поступает к СЦД – преподавателям, обучающимся (студентам и

© Абрамян Г. В., 2021

школьникам), руководителям практик и компаний, сотрудникам компаний через естественные традиционные и цифровые ON/OFF LINE визуальные, аудиальные (вербальные, невербальные, паралингвистические) и кинестетические каналы и коммуникации [4-8].

Традиционно содержание и технологии профессиональной деятельности и подготовки специалистов основано на организации и использовании естественной языковой и/или искусственной виртуально-цифровой предметно-ориентированной среды обработки информации, использования индивидуальных лингвистических структур носителей естественных языков общения в конкретном регионе (государственных, национальных, международных) [9] и искусственных, например, алгоритмических ИТ-языков, а также психолингвистических моделей и алгоритмов их обработки мозге СЦД.

1. Технология непрерывного high-hume образования в цифровой образовательной среде

Подготовка специалистов в условиях как традиционного естественного, так и цифрового учебного процесса обеспечивается прямыми и обратными естественными и электронными аудиальными каналами обмена учебной информацией между преподавателем и обучающимися посредством слуха и слуховых впечатлений (например, через язык, речевое общение и голос, музыку, шум).

Аудиальные каналы обеспечивают, прежде всего, вербальный обмен информацией между СЦД на основе речи (внутренней и внешней). Например, внешняя ИТ-речь СЦД реализуется письменными и устными ИТ-технологиями. Устная речь СЦД организуется монологическими и диалогическими электронными и традиционными формами и средствами (например, ИТ-беседами, дискуссиями, полемикой, диспутами).

Внутренняя речь СЦД не является средством передачи ИТ-информации в среду и, согласно данным естественных наук, в настоящее время считается, что она не является доступной для внешних СЦД.

Письменная ИТ-речь СЦД реализуется пишущим или говорящим на одном из естественных и/или IT языков на основе:

1. Выбора и использования ИТ-терминов, слов и предложений.
2. Генерации и внешней диффузии новых ИТ-терминов, слов и выражений.
3. Выбора грамматической формы ИТ-высказывания.
4. Выбора последовательности ИТ-терминов, слов, выражений и высказываний.

5. Расстановки ударений, интонаций, тона голоса ИТ-преподавателя или ИТ-обучающегося и т.д.

В условиях HIGH-TECH ИТ-преподавания оптимальное использование современных электронных и цифровых ресурсов, учебных каналов и профессиональных коммуникаций доступно лишь хорошо и отлично успевающим обучаемым. [10] Неуспевающие ИТ-обучаемые могут оставаться вне зоны эффективной цифровой учебной работы и внимания ИТ-преподавателей, в результате у ИТ-обучаемых может формироваться отрицательное отношение к учебе, интеллектуальной деятельности и ИТ-знаниям, интегрированным в цифровую среду [11-14].

В статье предлагается разработать и использовать HIGH-HUME/HIGH-TECH систему управления электронно-цифровыми учебными каналами и профессиональными коммуникациями на основе суггестивной лингвистики с учетом фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических, синтаксических составляющих подготовки ИТ-обучаемых, которая будет способствовать обеспечению анализа и учета мозговой активности обучаемых в электронно-цифровой среде (ЭЦС) [15-18].

Для этого необходимо учитывать параметры того, как:

1. Мозг конкретного СЦД извлекает и распознает звуки ИТ-речи и предметный ИТ-контент из потока акустических сигналов ЭЦС, как мозг СЦД отделяет звуки учебной ИТ-речи и предметный ИТ-контент от фонового шума ЭЦС.

2. Фонологическая система СЦД конкретного ИТ-обучающегося – носителя естественного и/или ИТ-языка представлена в информационной модели его мозга.

3. В мозге ИТ-обучающегося – носителе естественного и/или ИТ-языка организовано хранение предметного ЭЦС-контента, лексикона и какие существуют средства доступа к нему.

4. ЭЦС предметный ИТ-контент объединяется в словосочетания и предложения в мозге СЦД.

5. Структурная и семантическая ИТ-информация ЭЦС используется при восприятии ИТ-предложений. Результаты мониторинга, анализа и учета на основе суггестивной лингвистики позволят создавать и генерировать индивидуальные психолингвистические образовательные HIGH-HUME/HIGH-TECH ИТ-маршруты СЦД в ЭЦС, предметно-профессиональные коммуникации в ЭЦС на основе системы управления вербальными, визуальными и паралингвистическими информационными прямыми и обратными ЭЦ-каналами доставки ИТ-контента для каждого СЦД.

Подготовка ИТ-специалистов в цифровой HIGH-HUME/HIGH-TECH среде на основе суггестивной лингвистики управления учебными каналами и профессиональными коммуникациями предполагает:

1. Мониторинг и дифференциацию СЦД по каналам восприятия (предпочтениям) получения и отправки учебной ИТ-информации: аудиальные, визуальные, кинестетические и цифровые.

2. Управление процессами цифрового слушания и говорения с учетом региональных и национальных особенностей речи, языка и слов.

3. Непрерывного анализа смыслов и понимания знаковых общих и предметных ИТ-кодов/символов имеющих несколько различных значений одновременно [19].

4. Непрерывный системный анализ учебной ИТ-деятельности с учетом параметров:

– учебное окружение – ИТ-субъекты и ИТ-объекты;
– учебное ИТ-поведение;
– учебные ИТ-компетенции;
– учебные ИТ-способности;
– личные ИТ-убеждения и ИТ-ценности;
– личная ИТ-идентификация;
– личная ИТ-миссия и ИТ-сверхцель [20].

На практике формы профессиональных коммуникаций в цифровой HIGH-HUME/HIGH-TECH среде могут быть реализованы, например, в виде ИТ-монологов и/или ИТ-диалогов между ИТ-обучаемым и ИТ-преподавателем с использованием одного или нескольких методов суггестивной лингвистики управления учебными каналами и профессиональными коммуникациями:

1. Фактического обмена учебной ИТ-информацией с целью поддержки взаимодействия или общения.

2. Обмена предметной ИТ-информацией.

3. Выступления/обсуждения учебного ИТ-материала.

4. Дискуссионного ИТ-обмена при появлении противоречий в двух и более точках зрения на одну и ту же ИТ-проблему с целью влияния на мнение ИТ-обучаемых и ИТ-преподавателей для изменения их ИТ-мнения или ИТ-поведения.

5. Доверительного ИТ-диалога с ИТ-преподавателем как ИТ-проповедником, который подразумевает, в том числе выражение и обмен ИТ-чувствами и ИТ-переживаниями [21-23].

Заключение

Таким образом, технология непрерывного high-hume образования в цифровой образовательной среде на основе high-tech системы суггестивнолингвистического мониторинга, анализа и управления

учебным контентом, каналами коммуникаций и профессиональной деятельностью преподавателей-тюторов, в том числе в условиях пандемии, [24] позволит обеспечить:

– непрерывный мониторинг и дифференциацию субъектов по различным каналам восприятия и предпочтениям;

– адаптивное управление процессами цифрового слушания и говорения с учетом региональных и национальных особенностей речи, языка и слов;

– непрерывный мониторинг и анализ смыслов и понимания общих и предметных знаковых или корпоративных кодов и символов, имеющих различные трактовки и значения одновременно;

– непрерывный системный анализ учебной деятельности с учетом параметров учебного окружения, особенностей субъектов и объектов, учебного поведения, учебных компетенций, учебных способностей, личных убеждений, ценностей, личной идентификации, личной миссии, сверхцели или сверхцелей.

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Иформационная модель и содержание профессионального становления специалиста педагогического профиля в системе непрерывного образования вуза / Г. В. Абрамян // VII Царскосельские чтения. Материалы Международной научно-практической конференции. под общей редакцией В. Н. Скворцова. – 2003. – С. 124-126.

2. Жедигеров, Д. Ж. Система учебной навигации студентов и преподавателей университета на основе спутниковой системы Glonass и облачных сервисов Navitel / Д. Ж. Жедигеров, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 213.

3. Кицела, К. И. Технология отбора мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде вуза / К. И. Кицела, М. А. Соколов, Р. Д. Тенишев, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 92.

4. Абрамян, Г. В. Многопользовательская информационная система обучения английскому языку с использованием алгоритмов и модулей искусственного интеллекта / Г. В. Абрамян, Т. И. Бугаева // Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета. Статьи докладов. Ответственный редактор А. В. Коричко. – 2016. – С. 1375-1377.

5. Абрамян, Г. В. Модели экономической, финансовой и информационно-образовательной коллаборации в евразийском пространстве на основе современной Agile методологии и горизонтальных систем управления на основе адаптивных умений и навыков Soft Skills / Г. В. Абрамян // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста. Материалы 2-й Международной конференции. – 2016. – С. 15-22.

6. Коваленко, М. М. Модель оптимизации структуры сайта студенческого научного общества Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена на основе .htaccess/.htpasswd доступа и Cgi хостинга / М. М. Коваленко, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 93.

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. Шумкова, И. Г. Особенности, значение и принципы формирования информационно-образовательного пространства вуза на основе интернет – ресурса «Спб Гиписр» / И. Г. Шумкова, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 100.

9. Литвинова, Т. И. Технология электронного обучения китайскому языку учащихся в начальной школе РФ на основе информационных ресурсов Китая / Т. И. Литвинова, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 94.

10. Абрамян, Г. В. Модели и технологии оптимизации телекоммуникаций в науке и образовании северо-западного региона на основе использования SAAS/SOD облачных сервисов / Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 27.

11. Абрамян, Г. В. Методология анализа, классификации и таксономии целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях интернационализации образования, поляризации экономических рынков, региональной и глобальной миграции трудовых ресурсов / Г. В. Абрамян // В сборнике:

Региональная информатика «РИ-2016». Материалы конференции. – 2016. – С. 335-336.

12. Колк, Н. А. Опыт обучения студентов web-программированию на мобильных устройствах с сенсорным экраном в среде визуальных сервисов Google Blockly / Н. А. Колк, А. Ю. Хижняк, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 22.

13. Абрамян, Г. В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе Windows научно-образовательной среды российской федерации / Г. В. Абрамян // Региональная информатика и информационная безопасность. Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. – 2015. – С. 414-416.

14. Катасонова, Г. Р., Абрамян, Г. В. 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.

15. 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.

16. Абрамян, Г. В. Методы и уровни акселерации информационных компетенций субъектов-пользователей цифровых HIGH-HUME, HIGH-TECH экосистем / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – СПб., 2018. – С. 429-434.

17. Абрамян, Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018). – СПб., 2018. – С. 434-439.

18. 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.

19. Потапов, А. Р. Модель структуры информационной системы обработки численных данных для обучения школьников и студентов по теме «Системы счисления» / А. Р. Потапов, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 96.

20. 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.

21. 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.

22. Абрамян, Г. В. Модели развития учебно-образовательных, научно- исследовательских и промышленно-производственных ИТ-технологий, сервисов и процессов в России и странах ближнего зарубежья в условиях импортозамещения программного обеспечения / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании. – 2018. – С. 363-368.

23. 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.

24. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. – Режим доступа : http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29830 – DOI: 10.17513/spno.2983

Проблемы современного ИТ образования

И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Обсуждаются проблемы, возникшие в обучении на ИТ направлениях в контексте современной системы образования.*

Ключевые слова: *ИТ образование, бакалавриат, магистратура, профильные дисциплины, формирование математической культуры, прикладная информатика, математическое обеспечение и администрирование информационных систем.*

Введение

Мысль высказаться на тему текущего состояния в образовательной сфере зрела давно, но в этом году стало как-то особенно понятно, что мы катимся в никуда.

И виной тому вовсе не вынужденный онлайн, хотя в нем ничего хорошего нет, кроме того, что современные информационные технологии не позволили совсем прервать образовательный процесс.

Выстроенная система образования уже не медленно, но верно, приближает нас к катастрофе. Высшая школа демонстрирует это особенно наглядно.

1. Проблемы современного ИТ образования

Рассмотрим то, что наиболее близко автору: сферу ИТ и математического образования.

Итак, приходят в вуз бывшие школьники, которые сдали ЕГЭ по информатике, набрали в целом достаточно высокие баллы, чтобы поступить на такой престижный факультет как, например, ПММ, в том числе, на кафедру программного обеспечения и администрирования информационных систем. Кафедра поддерживает два направления: 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем (МОиАИС) и 09.03.03 Прикладная информатика (в юриспруденции, ПИЮр). Занимается кафедра этим почти 20 лет, поэтому есть возможность анализировать все, что произошло за эти годы.

Первые наборы были уникальными. У первого выпуска МОиАИС было рекордное количество красных дипломов. Перед нами тогда стояла

© Воронина И. Е., 2021

проблема: как повернуть читаемые математические курсы в прикладное русло и уменьшить их количество.

ПИЮр тогда набирали на договорной основе. С ними пришлось работать в «ручном режиме», чтобы доказать, что специальность состоялась. Сложность была в том, что относилась специальность тогда к экономическому блоку, учебный план содержал слишком большой процент юридических дисциплин.

Результаты поразили. Среди выпускников оказалось очень много руководителей, да и просто успешных и состоявшихся.

Переход на бакалавриат, с одной стороны, позволил сделать основательный крен в сторону программирования ПИЮр (теперь направление относится к блоку «Информатика и вычислительная техника»), с другой стороны, для обоих направлений пытаться в условиях ограниченных часов и потери целого года составить учебный план так, чтобы хотя бы чему-то научить.

Первое, что произошло, – выпускная квалификационная работа стала тем, что раньше являлось курсовой работой 4 курса. В случае специалитета интересную работу можно было растянуть на 3 года, она в конечном итоге становилась дипломной. Сначала шел сбор и анализ информации, проект в первом приближении, на 4 курсе подразумевался работающий программный продукт. Публичная защита курсовой работы была ступенью на пути будущей защиты диплома. Высказанные замечания, пожелания и дискуссия служили основой для дальнейшего развития и совершенствования. На 5 курсе, после производственных практик, происходила осознанная доработка, выступления на конференциях, публикации и даже регистрация программы. Но самое главное – это то, что было время на анализ и исследование, на творчество, если угодно

Бакалавриат разрушил продуманную и эффективную систему. Полная ориентация на развитие навыков почти убила исследовательскую составляющую, порождая кодеров, но лишив аналитиков.

К сожалению, и магистратура не решила проблему. Специфика ИТ отрасли в том, что дефицит кадров будет иметь место еще очень долго. А это означает, что и студентов, и выпускников разбирают быстро, нагружают на работе по полной программе. И хорошо платят. Это напрочь отбивает охоту заниматься серьезно чем-либо, кроме производственных задач.

Сегодня мы пришли к тому, что выпускаем специалистов, которые не смогут идти по карьерной лестнице, потому что полученные и, главное, усвоенные знания не позволяют переходить из одной области в

другую, как это было раньше, когда все начиналось с кодирования, а потом был переход в область проектирования или руководства разработкой программного продукта. При этом, даже занимаясь только кодированием, выпускник мог переключаться с одной среды на другую или же имел возможность самостоятельно повышать свою квалификацию на основе полученных базовых знаний. Современным студентам сложно менять даже среду разработки.

Если раньше количество часов математических дисциплин было явно избыточным, то сегодня мы пришли к тому, что общей математической культуры стало не хватать. В магистратуре ее формировать поздно. Это должны быть младшие курсы. Не скрою, что математические дисциплины хотелось бы видеть более прикладными, чтобы будущие ИТ специалисты хорошо понимали, что эти знания являются важными. Прекрасной иллюстрацией являются [1-2]. Многолетний опыт свидетельствует о странных закономерностях: чаще студенты, склонные к математическим дисциплинам, не демонстрируют того же в области ИТ и наоборот. Этот факт лишь подтверждает то, что чтение математических дисциплин для ИТ направлений должно отличаться от традиционных подходов.

Проблема в том, что в рамках бакалавриата невозможно выстроить полноценное обучение: если учесть ограничения по количеству часов, то, что необходимо реализовать набор дисциплин, позволяющих выпустить специалиста, который может работать в ИТ отрасли, добавить к этому обязательные гуманитарные предметы, то остается очень мало для маневра. Мало даже для профильных дисциплин, чтобы не только привить определенные навыки, но и дать знания, позволяющие системно мыслить.

А теперь посмотрим, как изменился контингент студентов в контексте нынешнего школьного образования.

К сожалению, ситуация ухудшается с каждым годом. Не буду ничего говорить про то, что лучше бы информатике вовсе не учили, чем так (за очень редким исключением). Когда все начиналось (до ЕГЭ), это было разумно: учебники, созданные академиком А. П. Ершовым, формировали общее представление об информатике и алгоритмизации. То, что мы имеем сейчас, – это невозможность сдать ЕГЭ с нужными для ИТ факультетов баллами без репетитора. Опять-таки, за редким исключением. Вторая сторона медали – это «продвинутая», но бессистемная подготовка школьников, когда за короткое время проходят то, что растянуто в вузе на годы. При этом не формируется культура программирования, возникает иллюзия «всезнания», которая в стенах вуза выливается в обиду: «Вы придираетесь, ведь это же работает». И

чтобы объяснить, что мы готовим профессионалов, и «это» должно не просто работать, а еще и удовлетворять требованиям, приходится затрачивать значительные усилия. Приходится долго и настойчиво объяснять, что требования возникли не на пустом месте и когда утверждается, что это хорошо, а это плохо, то всегда сопровождается разумными обоснованиями. Иначе на выходе мы будем иметь создателей так называемого «индийского» кода. И то, что плохо – это удар, в первую очередь, по надежности программного обеспечения со всеми вытекающими последствиями.

Очень тревожат изменения, которые с каждым годом все более явно видны на примере первокурсников и не внушают оптимизма. Большая часть аудитории способна удерживать внимание максимум в течение 15 мин. Поэтому, когда идут занятия в очном формате, от преподавателя требуются значительные усилия, чтобы аудиторию удержать. Что происходит онлайн, можно легко предсказать.

Студенты не умеют учиться. Такой вот парадокс. Какая уж самостоятельная работа, если не выполняется элементарное: домашняя работа, вдумчивое изучение лекций. Студентам стало трудно объяснять, что высшее образование, в отличие от среднего, не является в стране обязательным, и что в вузе они работают на собственное будущее.

Еще одно наблюдение: неспособность выявлять причинно-следственные связи, происходит запоминание «картинки» без улавливания сути. Зарисовка на старших курсах во время экзамена: «Ну хорошо, вы этого не знаете, предлагаю придумать, что бы вы сделали для решения задачи, если бы оказались в данной ситуации». Почти всегда нет даже попытки предпринять усилия и подумать!

В этом году коллеге пришлось столкнуться с тем, что некоторые студенты элементарно не понимают прочитанный текст. Просто не вдумываются. Это даже вызвало некоторую растерянность.

Добавлю, что у нас обучаются отобранные студенты, получившие высокие баллы.

Резюмируя вышеизложенное, можно утверждать очевидное: ЕГЭ не дает знаний, это отработка определенных технологических приемов, не более того. Не развивается логическое мышление, вместо этого происходит «натаскивание» на определенные типы задач (выбор которых не всегда понятен).

Дальнейшая система (бакалавриат-магистратура), возможно, хороша для гуманитариев. Но никак не для ИТ направлений. Потеряно фундаментальное образование – основа для развития в любой меняющейся ситуации. А ИТ отрасль – одна из самых динамичных. Да, можно покрыть потребности рынка в кодерах. Но чтобы системно

мыслить, анализировать, проводить исследования, этого явно недостаточно. Следует с грустью констатировать, что сегодня почти невозможно ставить творческие задачи, когда исход заранее неизвестен. А ведь университет должен быть площадкой для самых смелых экспериментов, дерзких попыток – только тогда может получиться что-то принципиально новое и значимое.

Заключение

Ну и в заключение. Давно уже не приходится пользоваться цитатами из литературных произведений во время лекций. Бесполезно. А замена школьных сочинений на изложения привела к тому, что студенты не умеют писать логически стройные тексты.

Полагаю, что не все будут согласны с автором, но если систему не изменить, то последствия станут необратимыми.

Список литературы

1. Грэхем, Р. Конкретная математика. Основания информатики : Пер. с англ. / Р. Грэхем, Д. Кнут. – М. : Мир, 1998. – 703 с.

2. Протасов, С. И. Давайте объясню : Или зачем программисту математика / С. И. Протасов. – [б. м.] : Издательские решения, 2018. – 164 с.

Реализация криптопротокола распределения ключей Менезиса-Кью-Ванстоуна

Б. Н. Воронков, email: vrnkv@mail.ru
А. А. Школин, email: mr.shkolin.1998@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены этапы двадцатилетнего перехода от первого, классического протокола Диффи-Хеллмана распределения закрытых ключей по незащищённым каналам связи к стандартизированному протоколу Менезиса-Кью-Ванстоуна, моделирование и анализ работы данного криптографического протокола.*

Ключевые слова: *Асимметричные криптографические системы, криптографические протоколы, дискретное логарифмирование.*

Введение

Предложенный в 1976 году двумя американскими математиками У. Диффи и М. Хеллманом [1], первый в истории криптографии протокол распределения ключей по незащищённым каналам связи, подтвердил, за более чем сорок лет применения, свою эффективность и надёжность. Безопасность данного криптографического протокола обусловлена вычислительной трудностью нахождения дискретных логарифмов в конечном поле большого объёма. Протокол Диффи-Хеллмана положил начало двухключевой (асимметричной) криптографии и, фактически, решил многовековую проблему функционирования симметричных (одноключевых) криптосистем, в которых две стороны обмена сообщениями должны доверять друг другу и пользоваться единым, секретным ключом при шифровании.

В последующем было предложено ещё несколько протоколов [2]. Так, в 1978 году был опубликован транспортный протокол Нидхема-Шрёдера, который требует предварительной аутентификации открытых ключей абонентов A и B. В 1980 году – бесключевой трёхэтапный протокол Ади Шамира, тоже подверженный атаке «Человек посередине». В 1988 году появился первый вариант стандарта X.509 для инфраструктуры открытых ключей и инфраструктуры управления привилегиями. Данный протокол включал в себя не только передачу подключей абонентов, из которых и формировался общий секретный ключ, но и аутентификацию сторон с использованием цифровой

© Воронков Б. Н., Школин А. А., 2021

подписи. Кроме того, на одном из шагов протокола абонент А должен был подтверждать получение сообщения от В при помощи отправления подписанного сообщения. Использование меток времени противодействовало атакам с повторным использованием сообщений или с блокированием канала и отправлением искажённых (подделанных) сообщений. Принятию искажённых сообщений противодействовало также наличие цифровой подписи.

Наконец, сочетание нескольких недостатков предыдущих протоколов было устранено в 1995 году применением протокола Менезиса-Кью-Ванстоуна (MQV-протокола) [3], стандартизованного в 2000-м году [4].

1. Протокол Диффи-Хеллмана

Суть протокола состоит в следующем. Два абонента А и В хотят получить общий секретный ключ для использования, в дальнейшем, симметричной криптосистемы. Для этого А и В согласованно выбирают два больших целых числа (порядка двухсот или более десятичных разрядов): p и α. При этом

1. Пусть p – большое простое число ($p \sim 10^{300}$), α – примитивный корень (элемент) простого поля Галуа; $\alpha \in Z_p^*$, $1 < \alpha \le p-1$; $\left\{ \alpha, \alpha^2, \alpha^3, ..., \alpha^{p-1} \equiv 1 (\mathrm{mod}\, p) \right\} = Z_p^*$; α и p – общедоступны.

2. K_A и K_B – закрытые ключи пользователей А и В. K_A и K_B – большие, случайные целые числа.

3. А: $y_A = \alpha^{K_A} \bmod p$; В: $y_B = \alpha^{K_B} \bmod p$; y_A и y_B – открытые ключи пользователей.

4. А и В обмениваются открытыми ключами по незащищённому каналу.

5. А и В вычисляют общий секретный ключ:

А: $K_S = (y_B)^{K_A} \bmod p = (\alpha^{K_B})^{K_A} \bmod p$;

В: $\widehat{K}_S = (y_A)^{K_B} \bmod p = (\alpha^{K_A})^{K_B} \bmod p$;

$K_S = \widehat{K}_S$, так как $(\alpha^{K_B})^{K_A} = (\alpha^{K_A})^{K_B}$.

Теперь общий секретный ключ K_S можно использовать для обмена шифрованными данными на основе симметричной криптосистемы. Например, воспользовавшись межгосударственным стандартом ГОСТ Р 34.12-2018 [5]. Таким образом, для получения общего секретного ключа абонентам А и В необходимо выполнить всего лишь несколько несложных вычислений в модулярной арифметике, а

вот злоумышленнику (даже при известных или перехваченных числах p, α, y_A, y_B) потребуется решить вычислительно трудную задачу дискретного логарифмирования. Важно: p – должно быть большим простым числом (порядка 10^{300}); $\frac{p-1}{2}$ – тоже должно быть простым числом; α – примитивный корень по модулю p (в принципе достаточно, чтобы число α генерировало большую подгруппу мультипликативной группы по модулю p).

Простой протокол обмена ключами Диффи-Хеллмана отлично справляется с пассивной атакой, но, к сожалению, не обеспечивает ни одного из основных свойств протоколов распределения ключей: ни аутентификацию параметров, ни подтверждение ключа, ни аутентификацию участников протокола [6]. Активный противник может построить атаку на протокол методом включения в канал (атака «Человек посередине»). В итоге он сможет контролировать весь обмен данными между участниками. При этом они не смогут обнаружить подмену данных и будут уверены, что связываются непосредственно друг с другом.

Данный недостаток протокола Диффи-Хеллмана может быть преодолён осуществлением взаимной аутентификации, например, с использованием электронной подписи. Если у абонента B имеется открытый ключ электронной подписи абонента A, и он уверен, что это действительно ключ адресата A, то для защиты от атаки «Человек посередине» абоненту A достаточно подписать своим закрытым ключом электронной подписи число y_A. Теперь злоумышленник не сможет выдать себя за абонента A, так как не сможет подделать его электронную подпись. Однако, такое преодоление атаки «Человек посередине» приводит к необходимости увеличения размера передаваемых сообщений, зачастую в несколько раз.

2. Протокол Менезиса-Кью-Ванстоуна

Протокол MQV состоит в следующем. Абоненты A и B имеют каждый свою ключевую пару, состоящую из открытых и закрытых ключей. A: ($y_A = \alpha^{K_A} \bmod p$; K_A) и B: ($y_B = \alpha^{K_B} \bmod p$; K_B). Абоненту B известен открытый ключ y_A, а абоненту A известен открытый ключ y_B. Далее A и B генерируют сеансовую пару ключей A: ($C = \alpha^{\gamma} \bmod p; \gamma$) и B: ($D = \alpha^{\delta} \bmod p; \delta$). Затем происходит обмен

открытыми сеансовыми ключами, как в классическом протоколе Диффи-Хеллмана: А пересылает В открытый ключ С, а В пересылает А открытый ключ D. Теперь А знает: y_A; y_B; C; D; K_A; γ. Абоненту В известны: y_A; y_B; C; D; K_B; δ.

Для получения общего секретного ключа K_S абонент А выбирает число λ, равное размеру сообщения в битах, делённому на два (для протокола MQV на эллиптических кривых длина сообщения равна 160 бит, следовательно $\lambda = 80$). Далее абонент А:

Задаёт i = C.

Находит $S_A = (i \pmod{2^\lambda}) + 2^\lambda$.

Задаёт j = D.

Вычисляет $T_A = (j \pmod{2^\lambda}) + 2^\lambda$.

Находит $h_A = \gamma + S_A \cdot K_A$.

Вычисляет $P_A = (D \cdot {y_B}^{T_A})^{h_A} \bmod p$.

Абонент В проделывает те же действия, но со своими закрытыми ключами:

Задаёт i = D.

Находит $S_B = (i \pmod{2^\lambda}) + 2^\lambda$.

Задаёт j = C.

Вычисляет $T_B = (j \pmod{2^\lambda}) + 2^\lambda$.

Находит $h_B = \delta + S_B \cdot K_B$.

Вычисляет $P_B = (C \cdot {y_A}^{T_B})^{h_B} \bmod p$.

Найденные числа $P_A = P_B = K_S$ и являются общим секретным ключом.

Действительно, используя дискретное логарифмирование, или по другому, нахождение индекса по модулю p при основании α, получим

$$ind_\alpha(P_A) = ind_\alpha((D \cdot (y_B)^{T_A})^{h_A}) = (\delta + K_B \cdot T_A) \cdot h_A,$$

так как $D = \alpha^\delta \bmod p$ и $y_B = \alpha^{K_B} \bmod p$. Далее преобразуем

$$(\delta + K_B \cdot T_A) \cdot h_A = \delta \cdot (\gamma + S_A \cdot K_A) + K_B \cdot T_A \cdot (\gamma + S_A \cdot K_A),$$

так как $h_A = \gamma + S_A \cdot K_A$.

$$\delta \cdot (\gamma + S_A \cdot K_A) + K_B \cdot T_A \cdot (\gamma + S_A \cdot K_A) =$$
$$= \delta \cdot (\gamma + T_B \cdot K_A) + K_B \cdot S_B (\gamma + T_B \cdot K_A),$$

так как $S_A = T_B$ и $T_A = S_B$.

$$\delta \cdot (\gamma + T_B \cdot K_A) + K_B \cdot S_B \cdot (\gamma + T_B \cdot K_A) =$$

$$= \gamma \cdot (\delta + S_B \cdot K_B) + K_A \cdot T_B (\delta + S_B \cdot K_B) = (\gamma + K_A \cdot T_B)^{h_B},$$

так как $h_B = \delta + S_B \cdot K_B$,

$$(\gamma + K_A \cdot T_B)^{h_B} = ind_\alpha((C \cdot y_A^{T_B})^{h_B} = ind_\alpha(P_B) = ind_\alpha(P_A).$$

Таким образом, корректность протокола доказана.

Следует заметить, что в преобразованиях используются закрытые ключи как абонента A, так и B. Следовательно, любой пользователь протокола может быть уверен, что кроме того абонента, с которым он хочет установить связь, получить общий секретный ключ не удастся никому.

Несмотря на некоторую сложность представления протокола, в скорости MQV-протокол ничего не теряет по сравнению со схемой, использующей электронную подпись. Дело в том, что в обоих случаях используются одни и те же операции возведения в степень по модулю простого числа.

Преимущества протокола MQV:

– устойчивость к атаке «Человек посередине»;

– небольшой размер сообщения;

– удобная реализация протокола, не требующая от пользователя электронной подписи под каждым сообщением;

– в сравнении с методом RSA, формирование общего закрытого ключа происходит в сотни раз быстрее. В криптосистеме RSA генерация новых закрытых и открытых ключей основана на генерации новых, больших простых чисел, что занимает много времени.

В соответствии с описанием MQV-протокола была реализована программа, позволяющая провести анализ данного протокола.

3. Описание программы

Общие сведения. MQV – название программы, её обозначение – ключ со стрелкой. Алгоритм получения общего секретного ключа реализован в интегрированной среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio 2010 на языке программирования C# (C Sharp). Для эксплуатации этой программы не требуются специальные программы систем обработки информации и программных документов, но для внесения изменений в код программы необходима среда разработки Microsoft Visual Studio.

Функциональное назначение. Программа позволяет получить общий секретный ключ двум пользователям, путём использования долговременного и сеансового ключей. Так же, есть возможность пронаблюдать, какие ключи используются в примере, какие промежуточные значения были получены, результат работы алгоритма и сам общий секретный ключ.

Описание логической структуры

Алгоритм программы:

1. переменной p присваивается значение большого простого числа;
2. переменной α присваивается значение примитивного корня;
3. генерируем переменные alfa, betta, которые являются долговременными секретными ключами;
4. вычисляем переменные A, B, которые являются открытыми долговременными ключами;
5. генерируем переменные gamma, delta, которые являются сеансовыми секретными ключами;
6. вычисляем переменные C, D, которые являются открытыми сеансовыми ключами; переменной l присваивается значение 2^{80};
7. вычислительные действия пользователя A:
   7.1 переменной i присваивается значение C;
   7.2 вычисляется значение переменной Sa;
   7.3 переменной j присваивается значение D;
   7.4 вычисляется значение переменной Ta;
   7.5 вычисляется значение переменной ha;
   7.6 вычисляется значение переменной Pa;
8. вычислительные действия пользователя B:
   8.1 переменной i присваивается значение D;
   8.2 вычисляется значение переменной Sb;
   8.3 переменной j присваивается значение C;
   8.4 вычисляется значение переменной Tb;
   8.5 вычисляется значение переменной hb;
   8.6 вычисляется значение переменной Pb.

Далее все результаты выводятся в окне приложения, происходит проверка полученных значений Pa и Pb, и выводится результат, совпал ли общий секретный ключ для пользователей.

Подключение библиотеки System.Numerics позволяет использовать тип BigInteger – очень длинные числа, и необходимые методы.

Метод ModPow – выполняет модульное деление числа, возведённого в степень другого числа.

Класс Random предоставляет генератор случайных чисел, с помощью которого можно генерировать натуральное число из нужного интервала.

Модуль DateTime – используется для замера времени работы программы.

Операция % – нахождение остатка от деления двух чисел.

Используемые технические средства

Программа будет корректно выполняться на компьютерах не ниже Intel Pentium 100, с размером оперативной памяти более 10 Мб, и объёмом жёсткого диска более 512 Мб.

Вызов и загрузка

Программа вызывается исполняемым файлом MQV.exe, размер которого 18 килобайт. Программа использует для работы несколько мегабайт оперативной памяти.

Входные данные

Переменная p – переменная типа BigInteger, которая хранит значение очень большого простого числа p.

Переменная g – переменная типа integer, для хранения значения примитивного корня.

Переменные A, B, alfa, betta, C, D, gamma, delta – переменные типа BigInteger, которые хранят значения ключей.

Остальные переменные высчитываются по необходимым формулам и выводятся на экране в соответствующих полях.

Выходные данные

Итогом алгоритма является общий секретный ключ для двух пользователей, полученный с помощью долговременных и сеансовых ключей. Пример работы алгоритма и результат проверки совпадения ключей приведены на рис. 1.

4. Вычислительный эксперимент

Итоговая операция вычисления общего секретного ключа выполняется по модулю p, а это значит, что длина ключа будет примерно равна длине числа p. Попробуем взять разную длину числа p и пронаблюдаем, как изменится время вычисления общего секретного ключа в алгоритме.

Возьмём длину числа p, равную 32, 64, 96, 128, 160, 192, 224 и 256 десятичных цифр. На рис. 2 приведён график, на котором отображено время работы программы в зависимости от длины числа p.

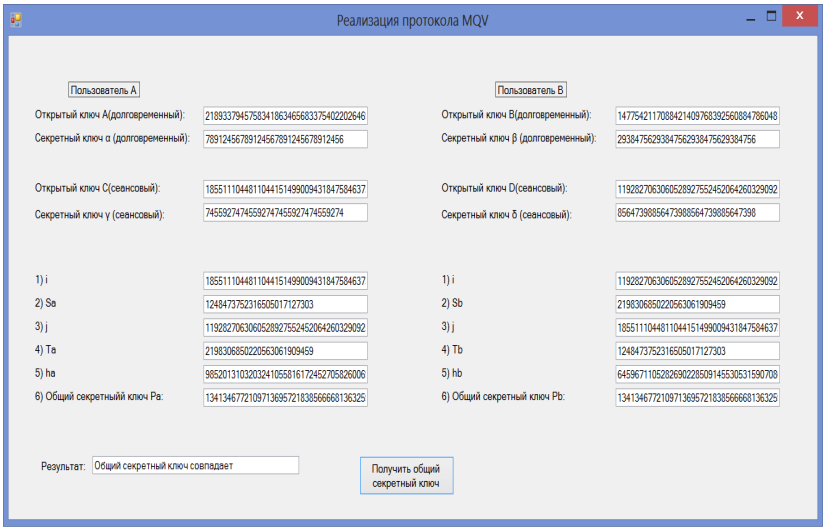


Рис. 1. Пример работы протокола MQV

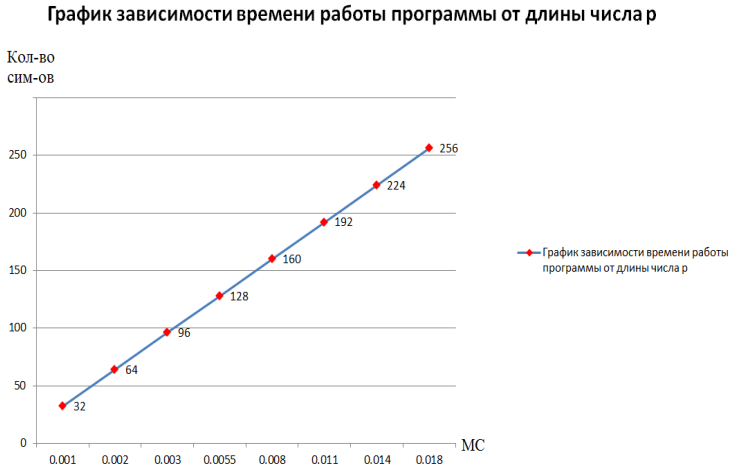


Рис. 2. График зависимости времени работы программы от длины ключа

Заключение

Таким образом, в работе рассмотрены этапы двадцатилетнего перехода от первого, классического протокола Диффи-Хеллмана распределения секретных ключей по незащищённым каналам связи к стандартизированному протоколу Менезиса-Кью-Ванстоуна. Кратко описаны достоинства и недостатки, разработанных в этот период протоколов. Реализовано компьютерное моделирование протокола MQV. Проведённый вычислительный эксперимент и выявленный линейный характер зависимости времени работы компьютерной программы от длины ключа подтверждают теоретические предположения и позволяют обоснованно выбирать значения параметров протокола MQV, а также возможность, на основе данной программы, создавать новые приложения для защищённой связи с использованием современных стандартов блочного и поточного шифрования.

Список литературы

1. Diffie, B. W. New Directions in Cryptography / B. W. Diffie, M. E. Hellman // IEEE Transactions on Information Theory. – V. IT-22, Nov. 1976. – P. 644-654.
2. Ниссенбаум, О. В. Криптографические протоколы : учебное пособие / О. В. Ниссенбаум; Тюменский гос. ун-т [и др.]. – Тюмень : Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2007 (Курган : ПК "Зауралье"). – 112 с.
3. Menezes, A. Some New Key Agreement Protocols Providing Implicit Authentication / A. Menezes, M. Qu, S. Vanstone // Workshop record, 2nd Workshop Selected Areas in Cryptography (SAC-95). – Ottawa, Canada, May 1995. – P. 22-32.
4. Standard IEEE P1363-2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://perso.telecom-paristech.fr/guilley/recherche/cryptoprocesseurs/ieee/00891000.pdf (дата обращения 5.01.2021)
5. ГОСТ Р 34.12-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 17 с.
6. Открытое распределение ключей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://cryptowiki.net/index.php?title=Открытое_распределение_ключей

Использование графического редактора «Компас 3D» в обучении компьютерной инженерной графике

М. А. Денисенко, email: denisenko@msu.by

Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова

Аннотация. *В данной работе рассматриваются способы построения чертежей с использованием возможностей графического редактора «Компас 3D» при обучении студентов компьютерной инженерной графике.*

Ключевые слова: *инженерно-техническая грамотность, компьютерная инженерная графика, трехмерное моделирование, чертеж, графический редактор «Компас 3D».*

Введение

Успешная деятельность специалиста в будущем определяется не только знаниями и умениями, но и степенью сформированности его профессиональных качеств. Для инженера – это, как правило, инженерно-техническая грамотность, творческий подход к выполняемой работе, развитое пространственное мышление, умение ориентироваться в конструкторской и технологической документации, использование возможностей компьютерной техники, готовность к постоянному самообразованию.

Для специальности «Программное обеспечение информационных технологий» учебным планом предусмотрена дисциплина «Компьютерная инженерная графика». Это одна из дисциплин, составляющих основу инженерно-технического образования. Знания, умения и навыки, приобретенные при изучении дисциплины необходимы как при изучении общеинженерных и специальных дисциплин, так и в последующей инженерной и инновационной деятельности. В результате изучения курса компьютерной инженерной графики будущий инженер получает знания построения чертежа, умения чтения и составления графической и текстовой конструкторской документации в соответствии с требованиями стандартов, умения применять полученные знания и навыки на практике.

1. Принцип наглядности

Трехмерное моделирование стало активно развиваться с начала 1990-х годов. Несмотря на это, еще многие конструкторы, инженеры и

© Денисенко М. А., 2021

преподаватели недооценивают возможности виртуальной модели в разработке нового изделия и воспринимают этот процесс как некоторое развлечение. Однако плоское проектирование неестественно для человека и требует сложной подготовки. Человек живет в окружении трехмерных объектов и мыслит в трехмерном пространстве, ему легче воспринимать виртуальную объемную модель, чем при прочтении плоского чертежа воображать трехмерное тело.

Новое направление компьютерной графики – 3D-моделирование, в основе которого лежит не чертеж, а трехмерная геометрическая модель, – получило широкое распространение в самых разных областях человеческой деятельности.

Компьютерная графика позволяет осуществлять конструкторские разработки в двух направлениях.

Первое направление базируется на двумерной геометрической модели и использовании компьютера как особого средства, позволяющего значительно ускорять процесс конструирования и улучшать качество оформления конструкторских документов. Центральное место в этом подходе к конструированию занимает чертеж, который содержит всю необходимую графическую информацию для изготовления какого-либо изделия [1].

В основе второго направления лежит пространственная геометрическая модель изделия, которая является более наглядным способом представления оригинала и более мощным и удобным инструментом решения геометрических задач. Чертеж в этих условиях играет вспомогательную роль, а способы его создания основаны на методах компьютерной графики [1].

При использовании первого направления обмен информацией осуществляется на основе конструкторской, нормативно-справочной и технической документации. При использовании второго направления обмен информацией осуществляется на основе компьютерного представления геометрического объекта, что способствует эффективному функционированию программного обеспечения систем автоматизированного проектирования [1].

При внедрении технических средств в процесс обучения геометрическим и графическим дисциплинам, прежде всего, реализуется принцип наглядности обучения, обеспечивающий усвоение знаний обучающимися. В преподавании таких дисциплин принцип наглядности приобретает первостепенное значение. Объясняется это тем, что и графика, и геометрия изучают форму, размеры и взаимное расположение различных предметов в пространстве [2].

2. Чертежно-графический редактор «Компас 3D»

Для преподавания дисциплины «Компьютерная инженерная графика» для студентов специальности «Программное обеспечение информационных технологий» используется чертежно-графический редактор «Компас 3D».

«Компас 3D» – продукт российской компании «Аскон», ставший стандартом для тысяч предприятий и десятков тысяч профессиональных пользователей [3].

Это система автоматизированного проектирования, которая используется для разработки проектной и конструкторской документации, позволяет моделировать отдельные детали и сборные объекты, содержащие в конструкции стандартные и оригинальные элементы.

Программа такого рода предназначена для обучения студентов приемам трехмерного проектирования и плоского черчения и получила широкое применение на учебных занятиях [4]. Система автоматизированного проектирования используется также для проектирования изделий в таких отраслях промышленности, как машиностроение (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и т. д.), приборостроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, вагоностроение, металлургия, промышленно-гражданское строительство, товары народного потребления и т. д. Его популярность объясняется тем, что правила работы с ним просто освоить, а богатая коллекция шаблонов способна обеспечить усвоение профессиональных компетенций по техническим специальностям на должном уровне [4]. Важным фактором является и то, что данная программа бесплатна и доступна любому студенту, что позволяет вводить часы самостоятельной внеаудиторной работы. Если студент не успевает освоить материал на занятии или желает его закрепить, он всегда может самостоятельно это сделать в домашних условиях.

Система «Компас 3D» располагает весьма широкими возможностями создания моделей самых сложных конструкций, как отдельных деталей (рис. 1), так и сборочных чертежей (рис. 2, 3, 4). Причем процесс моделирования аналогичен технологическому процессу изготовления изделия. Осуществляя виртуальную сборку нескольких деталей в сборочную единицу, пользователь может временно отключить изображение какой-либо детали или выполнить любой сложный разрез. В «Компас 3D» объемные модели и плоские чертежи ассоциированы между собой, любое редактирование модели повлечет за собой изменение в чертеже, созданном по данной модели [1].

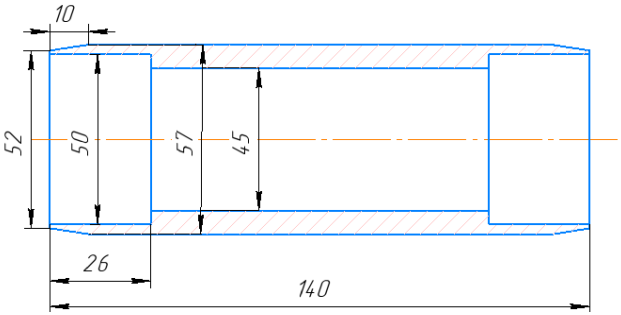


Рис. 1. Чертеж детали «Каток»

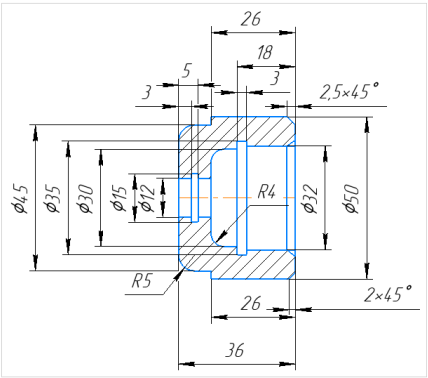


Рис. 2. Чертеж деталей «Стакан»

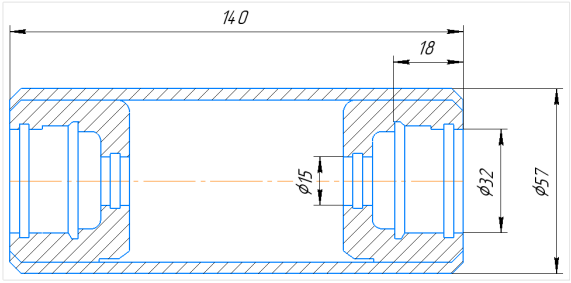


Рис. 3. Сборочный чертеж «Ролик»

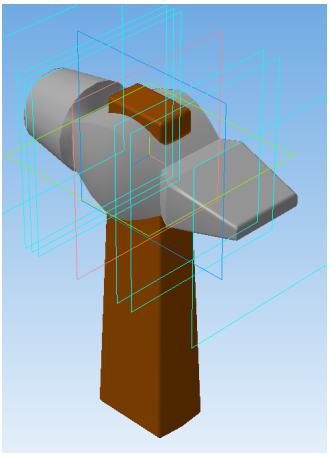


Рис. 4. Сборочная единица «Молоток»

Система «Компас 3D» позволяет:

– производить булевы операции над типовыми формообразующими элементами;

– создавать поверхности;

– задавать ассоциативные параметры элементов;

– строить вспомогательные прямые и плоскости, эскизы, пространственные кривые (ломаные, сплайны, различные спирали);

– создавать конструктивные элементы – фаски, скругления, отверстия, ребра жесткости, тонкостенные оболочки;

– создавать любые массивы формообразующих элементов и компонентов сборок (рис. 5, 6);

– вставлять в модель стандартных изделий из библиотеки, формировать пользовательские библиотеки моделей (рис. 7);

– моделировать компоненты в контексте сборки, взаимно определять детали в составе сборки;

– накладывать сопряжения на компоненты сборки;

– редактировать детали и сборки;

– переопределять параметры любого элемента на любом этапе проектирования, вызывающее перестроение всей модели.

Использование данной программы позволяет обучать студентов на более высоком уровне – уровне проектирования трехмерных моделей. А также практика показала, что большинство студентов проявляют интерес к работе в данной системе, некоторые изучают ее углубленно и самостоятельно. Студенты отмечают, что при работе в данной

программе чертеж получается аккуратным, четким, просто осуществлять исправления, при этом результат исправления незаметен. А также программа позволяет экономить время, поскольку повторяющиеся операции можно выполнить одной командой, симметричные части можно начертить в определенной области чертежа, а затем для копирования использовать операции симметрии, большинство геометрических построений производятся автоматически.

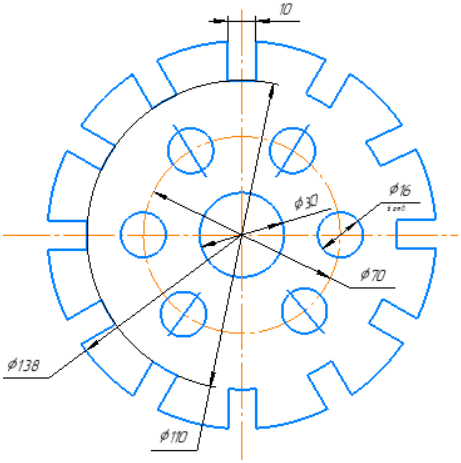


Рис. 5. Пример создания массива элементов на плоскости

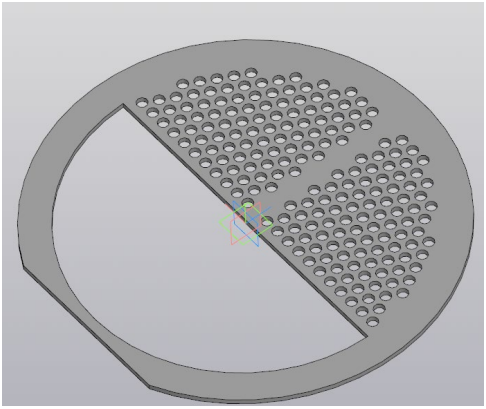


Рис. 6. Пример создания массива элементов в трехмерном пространстве

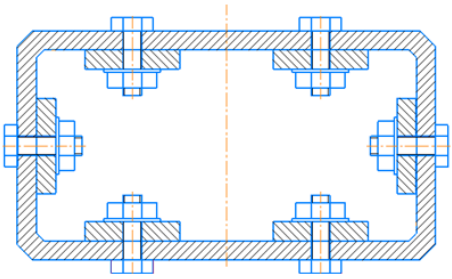


Рис. 7. Пример создания разъемного соединения с помощью библиотечных моделей

Обучение студентов работе в данной программе начинается со знакомства с интерфейсом, основными приемами работы с виртуальными инструментами и командами. В методических рекомендациях к лабораторным работам каждый шаг снабжен подробными инструкциями и скриншотами, что помогает им легче ориентироваться в программе на начальном этапе. С каждым заданием сложность работы увеличивается, описание процесса выполнения упрощается, открываются возможности для проявления самостоятельности.

Вначале это создание чертежей в пространстве создания двухмерного изображения «Чертеж» или «Фрагмент». В данном случае чертеж строится с использованием панели инструментов «Геометрия» при помощи линий, отрезков, окружностей и других геометрических фигур. Этот способ отличается от традиционного только тем, что вместо карандаша и других инструментов студент работает с компьютерной мышкой и клавиатурой. Но даже при этом качество чертежа значительно улучшается, повышается точность построения. Стандартизированные типы линий и шрифты внедрены в систему, что освобождает студента от ответственности графического оформления, основной его целью остается правильность графического решения поставленной задачи [2].

Далее студенты учатся создавать трехмерные модели изображаемых предметов в режиме построения «Деталь», а затем по этой модели в автоматическом режиме создавать ассоциативный чертеж [2]. Трехмерное моделирование и автоматизированное построение чертежа по созданной вначале твердотельной модели является открытием для студентов. Это объясняется тем, что студенты, освоившие плоское черчение, часто считают, что трехмерное моделирование – это нечто сложное, требующее больших затрат

времени и сил для изучения. На самом деле все оказывается совершенно наоборот, в чем студенты лично убеждаются при освоении ими пространственного черчения.

С другой стороны, трехмерное моделирование способствует развитию пространственного мышления и аналитических способностей студента, так как в процессе работы над созданием модели необходимо проанализировать ее форму, выделив основные составляющие, спланировать порядок работы над эскизами и их содержание. При создании ассоциативного чертежа нужно правильно выбрать плоскость для первого эскиза и здесь необходимо обратить внимание студентов на различия между системой координат, установленной разработчиками в графическом редакторе «Компас 3D», и стандартной системой координат, принятой в инженерной графике и начертательной геометрии. Фронтальной плоскостью в графическом редакторе «Компас 3D» является плоскость XY, именно она соответствует главному виду на ассоциативном чертеже. Вид сверху, соответственно, будет проецироваться на плоскость XZ, а вид слева – на плоскость YZ [2] (рис. 8, 9).

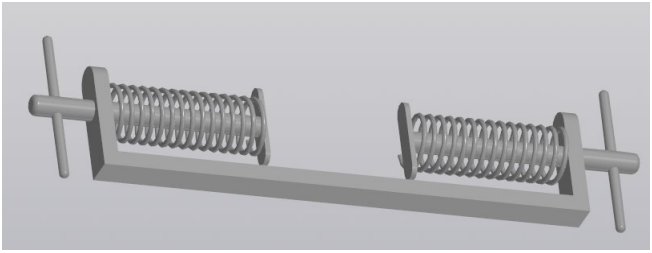


Рис. 8. Трехмерная модель детали «Ручной пресс»

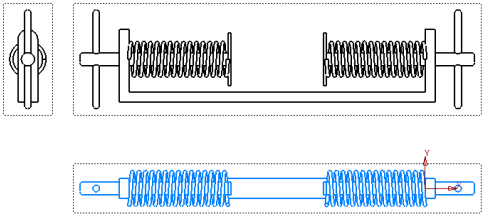


Рис. 9. Ассоциативный чертеж, выполненный для трехмерной модели детали «Ручной пресс»

Заключение

В заключении можно сделать вывод о том, что, несмотря на то, что в перспективе традиционная методика построения чертежей карандашом останется неизменной, образование инженера, реализуемое без применения информационных технологий, не может считаться современным.

Системы проектирования, в частности «Компас-3D», увеличивают возможности специалиста и облегчают его работу, позволяют устранять рутинные и повторяющиеся задачи, при этом автор не лишен самостоятельности в принятии того или иного решения и возможности реализации своего творческого потенциала. Работая в программах компьютерного проектирования, студент или готовый специалист может рассматривать альтернативы построений, исследовать их без существенных потерь в случае неверного выбора.

Работа в системе «Компас 3D» повышает познавательный интерес студентов к учебному материалу, делает учебный процесс более результативным, тем самым позволяет преподавателю в полной мере реализовать такие обще дидактические принципы, как:

– сознательность и активность, поскольку студенты осознанно и самостоятельно осваивают данный программный продукт;

– наглядность, которая достигается путем создания объемных моделей;

– доступность, которая обусловлена тем, что программа является бесплатной, в ее состав входит интерактивное обучающее руководство, которое позволяет освоить работу с системой;

– прочность, которая объясняется тем, что в процессе обучения происходит систематическое повторение операций, умения формируются последовательно, что способствует их переходу в прочные навыки.

Таким образом, эти принципы реализуются в полном объёме и качественно, тем самым обеспечивают высокую эффективность учебной деятельности.

Список литературы

1. Сторчак, Н. А. Моделирование трехмерных объектов в среде КОМПАС-3D учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломированных специалистов «Автоматизированные технологии и пр-ва» / Н. А. Сторчак, В. И. Гегучадзе, А. В. Синьков; Федеральное агентство по образованию, Волгоградский гос. технический ун-т, Волжский политехнический ин-т (филиал). – Волгоград : Политехник, 2006 (Волгоград : РПК "Политехник" Волгогр. гос. техн. ун-та). – 215 с. : ил.

2. Пьянкова, Ж. А. Некоторые особенности использования графического редактора «КОМПАС 3D» в обучении инженерной графике / Ж. А. Пьянкова, Е. В. Бабич // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 20-й Всероссийской научно-практической конференции, 22–23 апреля 2015 г., г. Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург, 2015. – Т. 1. – С. 326–329.

3. Система трехмерного моделирования «КОМПАС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kompas.ru

4. Молодцова, М. Ю. Использование САПР «КОМПАС-3D» в преподавании дисциплины «Инженерная графика» [Текст] / М. Ю. Молодцова // Инновационное развитие профессионального образования. – 2018. – № 4 (20). – С. 28–34.

Интерфейс учебно-познавательной системы и методы распознавания числовых образов на основе моделирования и визуализации работы искусственных нейронных сетей

С. А. Никольский, email: snik.98@mail.ru

ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова

Аннотация. *В работе рассматриваются способы построения и обучения искусственных нейронных сетей, применение искусственных нейронных сетей для распознавания образов, решения нейросетевой классификации и кластеризации с помощью нейронных сетей. Приведен пример реализации интерфейса учебно-познавательной системы и методы распознавания числовых образов на основе моделирования и визуализации работы искусственных нейронных сетей.*

Ключевые слова: *искусственная нейронная сеть, интерфейс, учебно-познавательная система, числовые образы, методы, распознавание, обучение, классификация, кластеризация, моделирование, визуализация.*

Введение

Современные ИТ-технологии стремительно развиваются и информационные системы (ИС) все более становятся интеллектуальными, независимыми и способными к самообучению. Разработчики интеллектуальных систем уже в настоящее время решают различные научно-исследовательские и производственные задачи на основе интеллектуальных и эвристических моделей [1-3], инновационных технологий и средств компьютерного зрения, используя автоматизированные методы управления различными естественными и искусственными системами (наука, образование, производство, промышленность, системы безопасности, транспорт, экономика, управление, принятие решений и др. [4-6], в том числе и на основе искусственных нейронных сетей [7-9].

Искусственные интеллектуальные системы на основе нейронных сетей приобрели большую популярность благодаря своим широким возможностям решения различных задач в неоднородных, нелинейных и динамических средах [10]. Искусственный интеллект позволяет решать системные задачи с большим числом неопределенностей; адаптивно корректировать поставленные цели; формировать новые цели и комплексы целей, исходя из заложенных в систему установок

© Никольский С. А., 2021

(мотиваций); получать новые знания, накапливать опыт решения задач, модифицировать свое поведение (реакции на изменение ситуации) на основе полученных знаний и накопленного опыта, в том числе обучаться решению задач, не предусмотренных первоначальным проектом системы [11].

Искусственная нейронная сеть (ИНС) является вычислительной структурой, состоящей из множества типовых элементов – искусственных нейронов (artificial neuron), каждый из которых представляет собой упрощенную модель биологического нейрона. В зависимости от механизма обработки получаемых данных можно нейронной выделить целый ряд математических моделей нейронов. При использовании ИНС, как правило, рассматриваются две основных группы моделей нейронов, которые представляют классические и нечеткие сети. Каждая из моделей нейронов обладает рядом присущих ей свойств, однако имеются и общие черты, к которым можно отнести наличие входного и выходного сигналов, а также блока их обработки. Для решения конкретной задачи используются наиболее предпочтительных моделей нейронов. Например, модель нейрона МакКаллока-Питса, сигмоидальный нейрон и нейрон типа «адалайн» имеют схожие структуры и отличаются лишь видами функций активации (реакции трех нейрона на входящий сигнал) [12].

С точки зрения машинного обучения, искусственные нейронные сети являются частным случаем таких методов как распознавание образов, дискриминантный анализ и метод кластеризации. С математической точки зрения, процесс обучения искусственных нейронных сетей представляет собой способ решения нелинейных задач оптимизации, а кибернетика использует искусственную нейронную сеть для решения задач адаптивного управления, а также в качестве алгоритмов для робототехники. С точки зрения искусственного интеллекта, нейронные сети представляют собой основу философского течения коннекционизма и являются основополагающим направлением в структурном подходе по изучению возможности построения и проектирования искусственного интеллекта с использованием компьютерных алгоритмов. В программировании нейронная сеть является одним из способов решения проблемы эффективного параллелизма [13].

Программирование нейронной сети предполагает именно обучение сети, а не написание программного кода. Возможность обучения нейронной сети является одним из главных преимуществ перед традиционными алгоритмами [14]. Обучение искусственной нейронной

сети заключается в поиске наилучшего набора весовых коэффициентов, предназначенных для максимизации точности предсказания.

1. Методы создания и обучения искусственных нейронных сетей

Наиболее значимым свойством нейронных сетей является возможность обучаться и, в результате обучения, повышать свою эффективность. Процесс обучения искусственной нейронной сети проходит через интерактивный процесс корректировки весовых коэффициентов и синаптических порогов. В идеальном случае нейронная сеть приобретает знания с каждой итерацией процесса обучения [15].

Существует множество видов деятельности, связанных с концепцией обучения, поэтому трудно дать этому процессу однозначное определение. С точки зрения нейронной сети, обучение является процессом, в котором свободные параметры сети настраиваются путем моделирования среды, в которую эта сеть интегрирована. Необходимым атрибутом процесса обучения искусственной нейронной сети является многократное повторение и умение сразу оценить результат [16].

Процедуры создания и обучения искусственной нейронной сети изображены на рис. 1 и рис. 2.



Рис. 1. Процедура создания искусственной нейронной сети

Определение структуры искусственной нейронной сети – отдельная задача, заключающаяся в выборе сетевой топологии и функций активации каждого нейрона. На первом этапе параметры нейронов задаются произвольно.

Обучение нейронной сети заключается в том, что тренировочные данные поступают на вход сети, то есть такие данные, для которых выход известен. Результат сравнивается с ожидаемыми данными и вычисляется значение ошибки. После этого параметры искусственной

нейронной сети корректируются для минимизации функции ошибки. В случае, если удовлетворительная точность не может быть достигнута, необходимо изменить структуру нейронной сети и повторить обучение на наборе тренировочных данных [17]. После обучения сети, проводится тестирование, которое заключается в проверке точности на специальных тестовых данных.

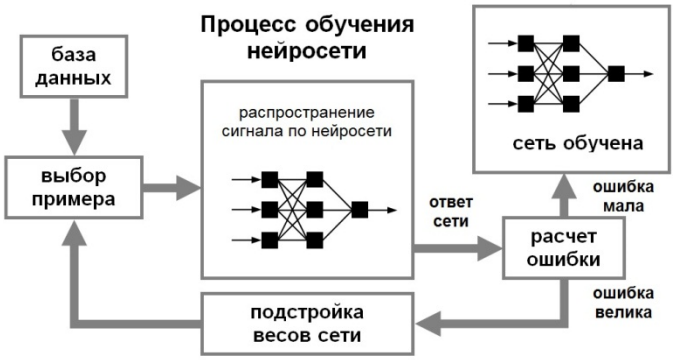


Рис. 2. Процедура обучения искусственной нейронной сети

2. Организация процесса обучения

Нейронная сеть, в принципе, способна приспосабливаться к любым данным, чтобы свести к минимуму общую квадратичную ошибку. Чтобы избежать этого, в процессе обучения искусственных нейронных сетей применяют различные методы управления сетью. Например, для этого обучающая выборка перед началом процесса обучения случайным образом делится на две подвыборки: обучающая выборка и тестовая. Обучающая выборка используется в процессе обучения, при этом весовые коэффициенты нейронов изменяются. Тестовая выборка используется в процессе обучения для проверки на ней суммарной квадратичной ошибки, в ходе этого изменение весовых коэффициентов не происходит.

В случае если нейронная сеть показывает улучшение в аппроксимации обучающей и тестовой выборок, то нейронная сеть обучается в правильном направлении. В противном случае ошибка в обучающей выборке может уменьшиться, но при этом увеличиться в тестовой выборке. Последнее означает, что сеть «переобучилась» и больше не может использоваться для прогнозирования или классификации. В этом случае весовые коэффициенты нейронов

немного изменяется, чтобы вывести сеть из минимума локальной ошибки.

3. Распознавание образов

Распознавание образов – это научная область, которая связанна с разработкой принципов и конструированием систем, предназначенных для определения принадлежности объекта к тому или иному классу объектов. Классы объектов могут быть предварительно выделены (задача классификации) или должны быть определены во время решения задачи (задача кластеризации). Под объектами в распознавании образов могут выступать различные объекты и явления, ситуации и процессы, сигналы и т.п. Помимо смысловых (семантических) различий, встроенных в концепцию изображения, они также различаются с точки зрения представления (синтаксис) [18]:

– в классических моделях изображение обычно описывается рядом признаков, каждый из которых характеризует определенное свойство объекта;

– в структурных моделях изображение является определенным утверждение, которое генерируется грамматикой, характеризующей класс;

– в задачах обработки текста роль изображения играет определенная символьная строка или шаблонное представление этой строки (например, регулярные выражения).

По существу, задачи распознавания образов являются дискретными аналогами задач нахождения оптимальных решений (дискретное программирование). К ним относится большой класс задач, в которых по неоднородной, неполной, нечеткой, искажённой и косвенной информации необходимо установить, имеют ли исследуемые объекты, ситуации или явления фиксированный конечный набор свойств, позволяющий отнести их к определённому классу.

Еще одной важной областью применения теории распознавания образов является решение задач прогнозирования поведения объектов или развития ситуации. Задачи этого типа включают задачи медицинской и технической диагностики, геологического прогнозирования, прогнозирования свойств химических соединений, сплавов и новых материалов и т. д. [8].

Задача распознавания образов также возникает в системах искусственного интеллекта. Например, понимание естественного языка, символьная обработка алгебраических выражений, экспертные системы. В общем, любую задачу можно считать задачей распознавания образов [3]. Основные типы задач распознавания образов представлены в таблице.

Таблица

Типы задач распознавания образов

Тип задачи	Примечания
Классификация	Отнесение предъявленного объекта (ситуации) по его формализованному описанию к одному из заданных классов.
Кластеризация	Разбиение множества объектов (ситуаций) по их формализованным описаниям на систему непересекающихся подмножеств (классов).
Прогнозирование	Предсказание значений характеристик или поведения системы в будущем на основании предшествующих и текущих наблюдений.
Аппроксимация функций	Поиск функции, наиболее близко соответствующей набору экспериментальных данных.
Оптимизация	Поиск эффективного или оптимального решения целевой функции в условиях ограничений.

Наиболее эффективным и распространенным способом представления и решения вышеуказанных задач являются искусственные нейронные сети.

Основными отличительными чертами искусственных нейронных сетей от логических интеллектуальных информационных систем являются:

– искусственные нейронные сети похожи на структуру мозга. Логическая интеллектуальная информационная система использует абстрактные структуры (правила, фреймы, сценарии), которые не имеют аналогов в живой природе;

– чтобы решить проблемы в логической интеллектуальной информационной системе, необходимо заранее сформулировать весь набор закономерностей, описывающих предметную область. Искусственная нейронная сеть использует другой подход, который основан на концепции обучения на примере.

При построении искусственной нейронной сети нет необходимости заранее знать все закономерности исследуемой области, но требуется достаточное количество примеров для настройки разработанной системы, которая после обучения будет способна получать, с определенной степенью достоверности, требуемые результаты [19].

4. Интерфейс учебно-познавательной системы и методы распознавания числовых образов на основе моделирования и визуализации работы искусственных нейронных сетей

Классификация объектов является важной задачей в области компьютерного зрения. Классификация изображений относится к маркировке изображений в одной из нескольких предварительно определенных категорий. Классификация включает считывание изображений, предварительную обработку изображений, обнаружение объектов, сегментацию объектов, извлечение признаков и классификацию объектов [20-21].

В качестве учебного примера системы распознавания числовых образов была разработана программа на языке C++. Работа интерфейса системы визуализации работы нейронной сети начинается с загрузки «стартового» окна, представленного на рис. 3.

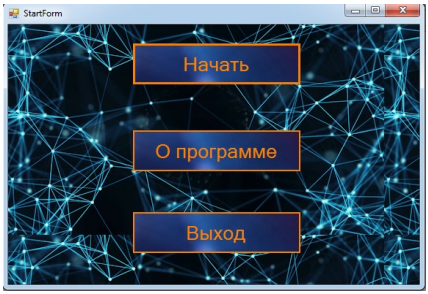


Рис. 3. Стартовое окно программы

Стартовое окно содержит три кнопки: «Начать», «О программе» и «Выход». При нажатии на кнопку «Начать», Вы переходите к основному окну программы, изображенному на рис. 4.

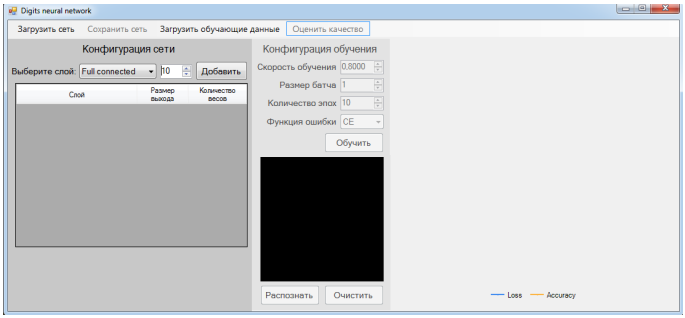


Рис. 4. Основное окно программы

В левом верхнем углу основного окна программы располагается главное меню программы. Главное меню предназначено для управления выполнением программы. Оно включает в себя следующие кнопки:

– «Загрузить сеть» – позволяет пользователю загрузить готовую, либо сохранённую ранее нейронную сеть;

– «Сохранить сеть» – позволяет пользователю сохранить созданную нейронную сеть;

– «Загрузить обучающие данные» – позволяет загрузить тренировочные данные из файла test.csv;

– «Оценить качество» – позволяет оценить качество нейронной сети, как до обучения, так и после него.

Основное окно программы состоит из трёх частей: конфигурация сети, конфигурация обучения и визуальная часть.

Конфигурация сети позволяет создавать нейронные сети. Для этого пользователю необходимо выбрать слой из предложенных и задать размер выхода, после чего нажать на кнопку «Добавить». Созданный слой отобразится в таблице, которая находится ниже, где пользователю необходимо задать весовые коэффициенты для данного слоя. Конфигурация сети изображена на рис. 5.

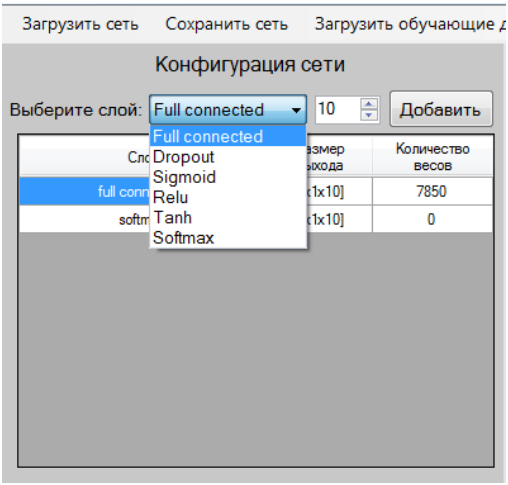


Рис. 5. Конфигурация сети

После добавления желаемых слоёв и определения их весовых коэффициентов, пользователь может оценить качество нейронной сети до обучения. Для этого необходимо нажать на кнопку «Оценить

качество» в главном меню программы, которое располагается в верхнем левом углу.

Чтобы совершить обучение нейронной сети, пользователю сначала необходимо загрузить обучающие данные. Оценка качества до загрузки обучающих данных представлена на рис. 6.

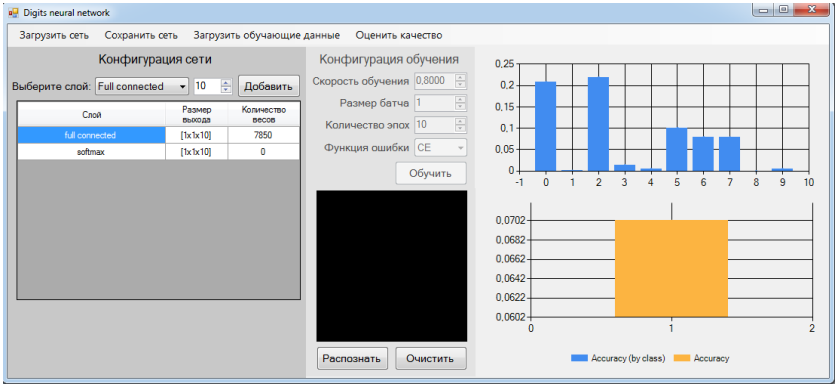


Рис. 6. Оценка качества до загрузки обучающих данных

На рис. 6 верхний график является графиком точности для каждого из класса, а нижний график – график точности нейронной сети в целом.

Для загрузки обучающих данных пользователю необходимо нажать на кнопку «Загрузить обучающие данные», которая находится в главном меню программы. После загрузки обучающих данных, выведется сообщение, представленное на рис. 7.

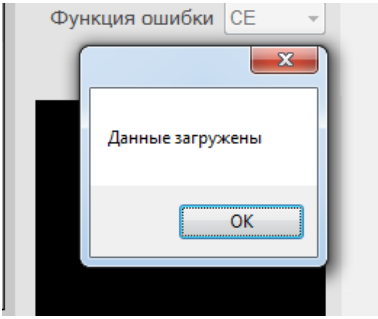


Рис. 7. Сообщение о загрузке обучающих данных

После загрузки обучающих данных пользователь переходит к обучению нейронной сети и работает с конфигурацией обучения, которая представлена на рис. 8.

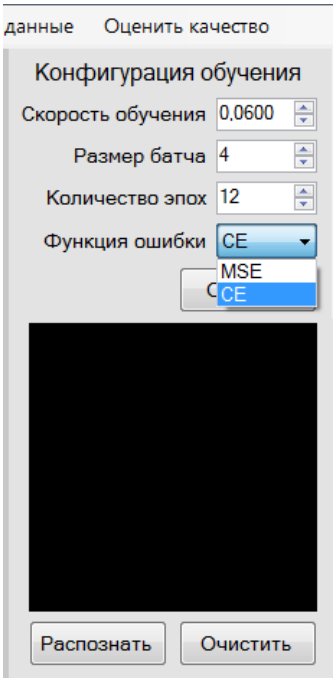


Рис. 8. Конфигурация обучения

Для обучения нейронной сети пользователь определяет скорость обучения, размер батча (количество подвыборок, на которое разбивается выборка), количество эпох (сколько раз всему датасету необходимо пройти через нейронную сеть в прямом и обратном направлении) и функцию ошибки (MSE – среднеквадратичное отклонение или CE – перекрёстная энтропия). После задания необходимых параметров пользователю необходимо нажать на кнопку «Обучить», после чего начинается процесс обучения нейронной сети. Начало обучения нейронной сети представлено на рис. 9, а конец обучения представлен на рис. 10.

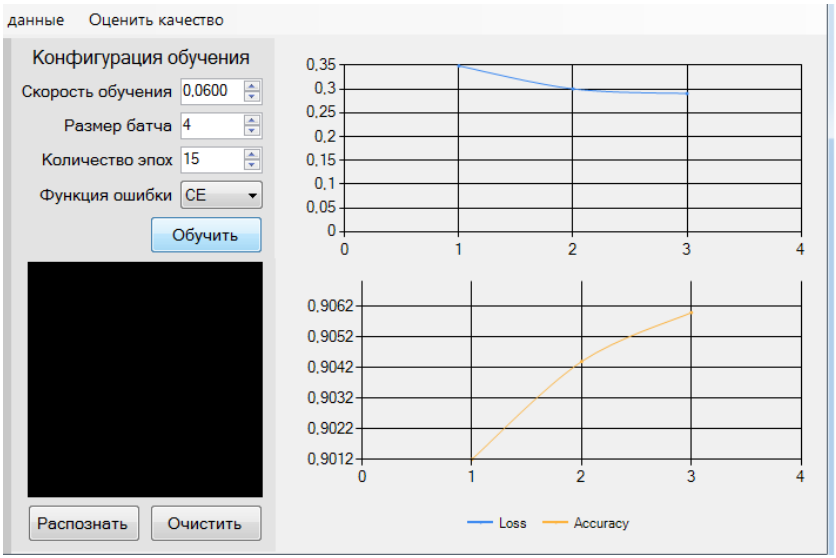


Рис. 9. Начало обучения нейронной сети

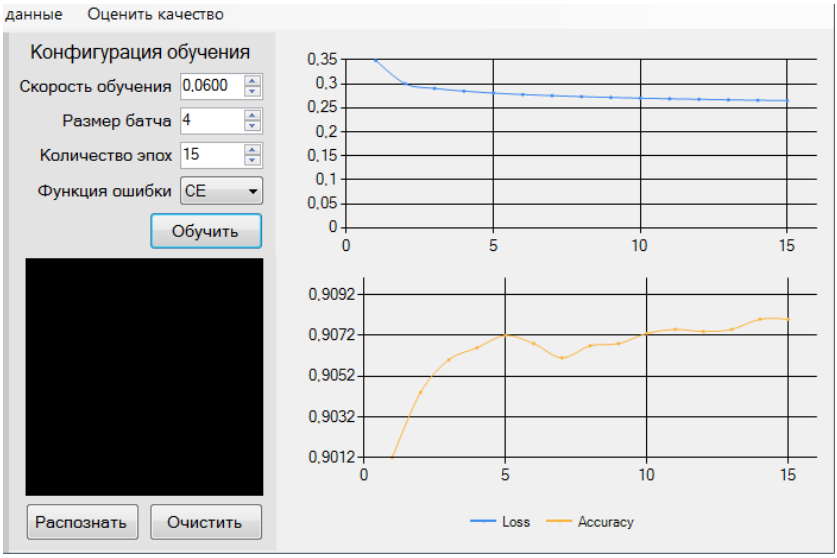


Рис. 10. Конец обучения нейронной сети

На рис. 10 верхний график является графиком ошибки, а нижний график – графиком точности.

После завершения обучения нейронной сети, пользователь может оценить качество уже обученной нейронной сети. Для этого ему необходимо нажать на кнопку «Оценить качество» в главном меню программы. Оценка качества после обучения нейронной сети представлена на рис. 11.

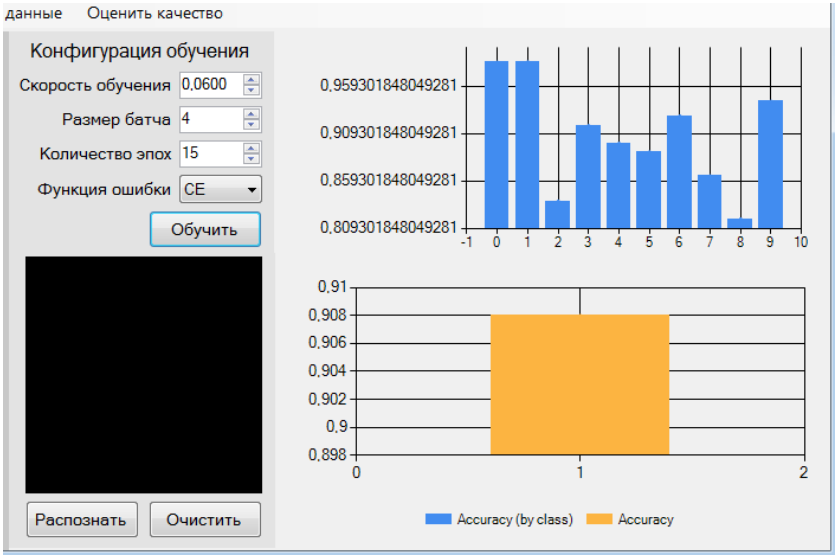


Рис. 11. Оценка качества после обучения нейронной сети

Обученная по данной методике нейронная сеть может с высокой точностью определить, к какому из классов относится нарисованная пользователем рукописная цифра. Для этого пользователю необходимо нарисовать цифру на чёрном поле в конфигурации обучения и нажать на кнопку «Распознать», а для очистки поля использовать кнопку «Очистить». Примеры распознавания цифр представлены на рис. 11 и 12.

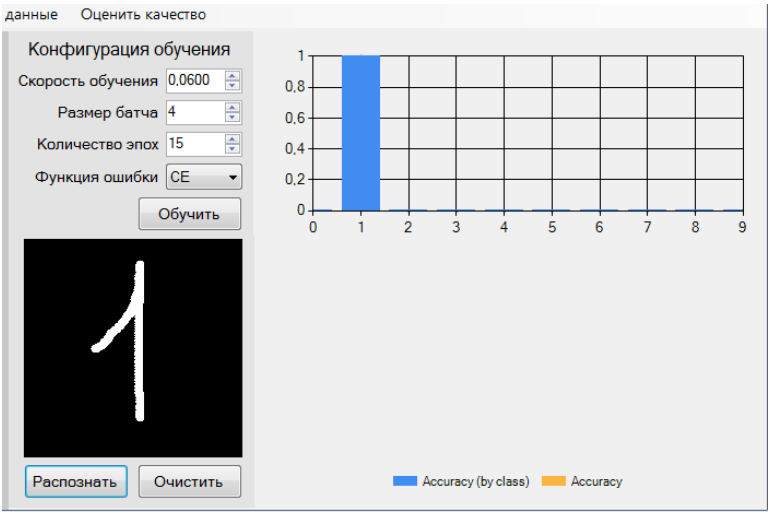


Рис. 12. Распознавание цифры 1

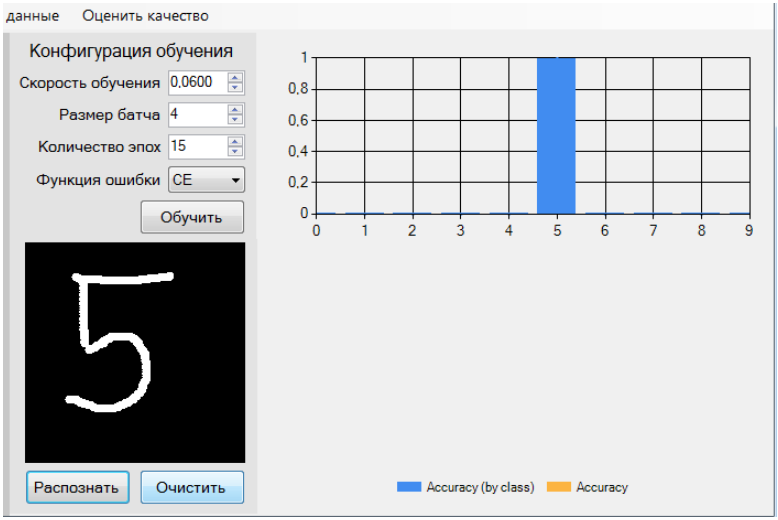


Рис. 13. Распознавание цифры 5

Для выхода из программы пользователю необходимо нажать на красный крестик в правом верхнем углу в основном окне программы. После этого он попадает на стартовое окно программы, где ему необходимо нажать на кнопку «Выход».

Заключение

Искусственные нейронные сети в настоящее время являются важным разделом концепции современных методов моделирования и вычислений. ИНС как технологии решения практических задач уже преодолели сложные проблем своего становления и в настоящее время являются весьма перспективными для создания новых типов программного обеспечения, автоматизированных, робототехнических, интеллектуальных устройств, способных решать реальные задачи и проблемы, которые до сих пор были по силам только человеческому мозгу, ИНС могут также применяться в случаях, когда традиционные алгоритмические решения неэффективны или совершенно невозможны [22]. Планируется, что в ближайшем будущем инновационные и нелинейные технологии, в том числе на основе нейронных сетей будут использоваться в различных областях науки, образования и техники, так как они способствуют значительному росту эффективности труда способствуют снижению рисков, повышению безопасности труда и жизнедеятельности людей в условиях нелинейного развития и цифровизации общества [23-25].

Искусственные нейронные сети имеют широкое применение не только для распознавания изображений, но и во многих других сферах. Нейронные сети способны к обучению, поэтому они могут быть оптимизированы для различных областей науки, техники и образования.

Рассмотренные направления применения ИНС ориентированы на учёт семантики решаемых задач, что, с одной стороны, позволяет сделать решение данных задач более структурированным и прозрачным для пользователя, с другой стороны, позволит вносить дополнительные корректировки в процесс обучения нейронной сети и решения задачи. Реализация учебно-познавательной системы, а также соответствующей интеллектуальной среды, позволит уменьшить порог вхождения новых разработчиков и обучаемых, например студентов в область решения задач с помощью ИНС [26]. Предоставляемые интеллектуальной средой возможности интроспекции ИНС и сохранения состояний ИНС во время обучения позволяют обеспечить более глубокий анализ их работы.

Использование учебно-познавательной системы и методов распознавания числовых образов на основе моделирования и визуализации работы искусственных нейронных сетей может быть полезно для начинающих разработчиков моделей ИС и ИНС [27], а также для цифрового высокотехнологичного обучения [28] студентов вузов при изучении разделов информатики и информационных технологий, интеллектуальных информационных систем с использованием различных, в том числе при создании облачных

сервисов и дистанционных технологий в период пандемии и перехода к ФГОС ВО 3++ [29-31]. Модуль учебно-познавательной системы может использоваться при подготовке и переподготовке преподавателей вузов и курсов повышения квалификации как преподавателей, так и начинающих разработчиков интеллектуальных систем. Учебно-познавательная система обеспечивает целевые функции обучения информатике и информационным технологиям в современных условиях [32], а также позволяет моделировать визуализировать и изучать поведение социальных, учебно-образовательных, научно-исследовательских и промышленно-производственных процессов с учетом импортозамещения программного обеспечения [33-34].

Список литературы

1. Абрамян Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018) VII Международная научнотехническая и научно-методическая конференция. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 434-439.

2. 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.

3. Федоров, К. П. Эвристические методы и методики обучения информатике в школах с углубленным изучением иностранных языков / К. П. Федоров, Г. В. Абрамян // Региональная информатика «РИ-2012». – СПб., 2012. – С. 268-269.

4. Абрамян, Г. В. Многопользовательская информационная система обучения английскому языку с использованием алгоритмов и модулей искусственного интеллекта / Г. В. Абрамян, Т. И. Бугаева // Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета. Статьи докладов. – 2016. – С. 1375-1377.

5. Абрамян, Г. В. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решения при управлении предприятиями сферы финансов, экономики и образования / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Перспективы и пути развития образования в России и в мире. – Дагестанский ИПКПК, 2013. – С. 14-21.

6. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами /

Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Региональная информатика «РИ-2012». – 2012. – С. 238-239.

7. Абрамян, Г. В. Методология и принципы преподавания цифровых инфотелекоммуникационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019) сборник научных статей VIII Международной научно-технической и научно-методической конференции : в 4 т. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 539-544.

8. Абрамян, Г. В. Методология и принципы преподавания информационной безопасности на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Региональная информатика и информационная безопасность Сборник трудов. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 292-294.

9. Абрамян, Г. В. Методология и принципы преподавания информатики и информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XX Международной научно-методической конференции. Под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – 2020. – С. 1778-1783.

10. Абрамян, Г. В. Синергетический подход как основа развития информационно-коммуникационных технологий образования / Г. В. Абрамян // Информационно-коммуникационные технологии: современные особенности и тенденции развития. – СПб ГУП, 2007. – С. 4-6.

11. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика: моногр. / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – М.: Горячая линия – Телеком; Издание 2-е, 2002. – 382 с.

12. Юнусова, Л. Р. Классификация искусственных нейронных сетей / Л. Р. Юнусова, А. Р. Магсумова // Проблемы науки. – 2019. – № 7 (43). – С. 21-25.

13. Галушкин, А. И. Нейрокомпьютеры. Учебное пособие / А. И. Галушкин. – М.: Альянс, 2014. – 528 с.

14. Головко, В. А. Интеграция искусственных нейронных сетей с базами знаний / А. В. Головко [и др.] // Онтология проектирования. – 2018. Т. 8, № 3 (29). – 366-386.

15. Гелиг, А. Х. Введение в математическую теорию обучаемых распознающих систем и нейронных сетей. Учебное пособие: моногр. / А. Х. Гелиг, А. С. Матвеев. – М.: Издательство СПбГУ, 2014. – 224 с.

16. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 384 с.

17. Омату, С. Нейроуправление и его приложения / О. Сигеру, Х. Марзуки, Ю. Рубия. – Москва : ИПРЖР, 2000. – 271 с.

18. Редько, В. Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики / В. Г. Редько. – Москва: СИНТЕГ, 2017. – 224 с.

19. Тархов, Д. А. Нейросетевые модели и алгоритмы. Справочник / Д. А. Тархов. – М.: Радиотехника, 2014. – 643 с.

20. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Диалектика, 2019. – 1104 с.

21. 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.

22. Воробьев, В. И. Об изучении современных технологий алгоритмизации и программирования в педагогическом вузе / В. И. Воробьев, Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Вестник СЗО РАО. – 1998. – № 3. – С. 170-176.

23. 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. – СПб., 2015. – С. 663-667.

24. Абрамян, Г. В. Инновационные технологии нелинейного развития современного регионального образования и подготовки кадров в сфере информационной безопасности / Г. В. Абрамян // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2013). – СПб., 2013. – С. 232.

25. Абрамян, Г. В. Синергетический подход – основа развития ИКТ образования / Г. В. Абрамян // Региональная информатика-2008 материалы XI Санкт-Петербургской Международной конференции. – 2008. – С. 197.

26. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, Б. Т. Мозгирев // ЛГОУ им. А.С. Пушкина. – СПб., 2004. – 100 с.

27. Потапов, А. Р. Модель структуры информационной системы обработки численных данных для обучения школьников и студентов по теме «Системы счисления» / А. Р. Потапов, Г. В. Абрамян //

Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 96.

28. Абрамян, Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. – 2019. – С. 1795-1798.

29. Абрамян, Г. В. Таксономия и методология определения целей обучения информационным технологиям в условиях цифровизации образования и перехода к ФГОС ВО 3++ / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы Семнадцатой открытой Всероссийской конференции. Ответственный редактор А. В. Альминдеров. – 2019. – С. 144-147.

30. Абрамян, Г. В. Обучение с применением телекоммуникационных и информационных средств / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин // ЛГОУ им. А.С. Пушкина. – СПб., 2002. – 78 с.

31. Абрамян, Г. В. Современные телекоммуникационные и информационные средства обучения : Учеб. пособие / Г.В. Абрамян, Р.Р. Фокин ; М-во образования РФ [и др.]. – СПб. : ЛГОУ им. А.С. Пушкина, 2002. – 135 с.

32. Абрамян, Г. В. Методика анализа и таксономии целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях интернационализации образования / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции. Воронежский государственный университет. – 2017. – С. 74-81.

33. Абрамян, Г. В. Новые информационные технологии в гуманитарной сфере / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин // Санкт-Петербург, 2006. – 49 с.

34. Абрамян, Г. В. Модели развития учебно-образовательных, научно- исследовательских и промышленно-производственных ИТ-технологий, сервисов и процессов в России и странах ближнего зарубежья в условиях импортозамещения программного обеспечения / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании материалы XVIII Международной школы-конференции. – 2018. – С. 363-368.

Секция 5
Разработка и использование электронных образовательных ресурсов

Разработка и использование на уроках истории интерактивных карт

Е. Е. Беловолова, e-mail: bee1971@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *Рассмотрены особенности интерактивных карт, дан обзор платформ и онлайн-конструкторов для их создания. Описаны инструменты для разработки интерактивных карт с помощью программы PowerPoint, охарактеризована роль таких электронных продуктов в процессе обучения истории.*

Ключевые слова: *интерактивные средства обучения, интерактивная карта, таймлайн, онлайн-конструктор, триггер, гиперссылка.*

Введение

В настоящее время в педагогическом арсенале учителя истории имеется широкий спектр интерактивных средств, используемых в процессе обучения. Среди них различные лаборатории, конструкторы, тренажеры, анимированные схемы, интерактивные карты и т.д. Педагоги могут воспользоваться готовыми ресурсами либо разработать собственные.

Преимущества мультемидийной продукции, созданной специалистами в сфере IT, очевидны. Она разработана с применением множества программных инструментов, недоступных учителю-предметнику. Именно поэтому образовательный продукт имеет качественный дизайн, большое количество разнообразных заданий различного уровня сложности. Эффективны онлайн-тренажеры – проверка правильности выполнения задания осуществляется программой автоматически.

Однако в готовые электронные пособия невозможно добавить ту информацию, которую учитель считает важной в работе со школьниками. В таком случае, можно предложить подготовить авторский мультимедийный продукт. Он не потеряет положительные черты электронных учебных материалов и позволит в дальнейшем экспериментировать и дорабатывать.

© Беловолова Е. Е., 2021

1. Исторические интерактивные карты: преимущества использования и особенности создания

Интерактивность позволяет разнообразить привычные учащимся исторические карты, дополнив их информацией разного рода и превратив в своего рода энциклопедии.

В настоящее время имеется ряд электронных учебных пособий с большим спектром электронных интерактивных карт. Примером является информационный образовательный комплекс «1С: История Отечества», включающий в себя набор интерактивных карт по всем периодам истории России. Большинство электронных форм учебников истории оснащены картами, часть из которых является интерактивными. Но нередко возникает необходимость в собственных разработках подобного плана. Педагог может подготовить свои интерактивные карты, исходя из тех образовательных задач, которые ставит перед собой и перед учащимися.

Существует виртуальный проект «Хронокон» – онлайн-конструктор интерактивных карт, основной идеей которого является создание общей карты, охватывающей всю человеческую историю [1]. Платформой онлайн-сервиса является Google-карты, с отмеченными историческими объектами на ней. Конструктор «MyHistor» даёт возможность учителям и ученикам создавать разнообразные по содержанию таймлайны, работая на программной платформе Google Maps. Таймлайн – это историческое событие, отмеченное на ленте времени. С его помощью обучающееся могут создавать визуализированные тексты, иллюстрирующие как отдельные события, так и целую историческую эпоху, отмеченную на интерактивной карте [2]. Универсальным инструментом для работы с интерактивными картами и лентами времени является программное обеспечение «ОСЗ Хронолайнер 3.0». «ОСЗ Хронолайнер 3.0» даёт возможность интегрировать большие объёмы информации в единое целое, на основе хронологических линий. Преимущества таких контентов очевидны. Однако нельзя не признать, что многие педагоги не обладают необходимыми для работы с онлайн-конструкторами навыками, ограничены во времени создания того или иного образовательного продукта.

Карты, созданные в PowerPoint, удобны для использования. Они оснащены анимацией, их интерактивность обеспечивается за счет использования различных интерактивных элементов: гиперссылок, триггеров, кнопок перехода, элементов «лупа», «указка», «маркер» и т. д.

Карта представляет собой рисунок с привязанными к нему активными областями, т. е. выделяются отдельные части рисунка и определяются для них действия. По внешнему виду карта может ничем не отличаться от обычного изображения, но при этом на ней могут быть невидимые зоны разной формы, где каждая из областей служит ссылкой на другие страницы презентации, другие файлы, в том числе музыкальные и видеофрагменты. К картографической подложке можно добавить необходимое количество дополнительных объектов, с которыми на уроке можно будет совершать манипуляции в обучающих целях: включать/выключать показ объектов в нужный момент времени; подсвечивать объект для концентрации внимания учащихся; перемещать, модифицировать, перекрашивать объекты. Так, например, технологический прием «Лупа» используется тогда, когда есть необходимость сконцентрировать внимание на элементы карты при сохранении общей панорамы. Этот прием позволяет увеличивать фрагмент, который следует более детально рассмотреть.

Традиционные стрелки, появляющиеся с помощью функции анимации, помогут определить направления и цели походов. Нажимая на изображения стрелок разных цветов на легенде карты, можно рассмотреть, например, перемещения конкретных варварских племен в начале средневековья, или увидеть общую картину Великого переселения народов. Работая с картой Руси периода раздробленности, можно расставить точки-триггеры на месте расположения крупных городов, позволяющие перейти к изображению данного города или тексту с его историей.

Разрабатывая интерактивную карту, можно добавить необычные триггеры, проявить творчество и фантазию в оформлении электронного продукта. Нажимая на изображение животного различных природных зон при изучении темы «Освоение Сибири», можно перейти по гиперссылке на слайд, содержащий характеристику данной природной зоны, а щелчок по изображению людей позволит перейти к описанию занятий и быта того или иного этноса. Параллельно с картой можно использовать учебные картины, которые способствует развитию пространственных представлений учащихся. С отдельных объектов карты возможно сделать гиперссылки на задания и упражнения историко-географического тренинга.

Современные учителя, при использовании интерактивной доски любой модификации, могут построить карту в процессе урока. Границы государств, объекты восстаний, походы полководцев, места боевых действий легко визуализировать учителю, даже, если он не имеет навыков рисования.

Эффективным педагогическим средством являются интерактивные задания, аналогичные, выполняемым на контурных картах. Такие задания основаны на добавлении к картографической подложке объектов, параметры которых (местоположение, форму, цвет и другие) должен будет воспроизвести учащийся, выполняющий задание. При необходимости может выдаваться подсказка. Данный прием удобнее всего воспроизводится на интерактивной доске.

Использование интерактивных исторических карт позволяют эффективно вести обучение с учащимися различного уровня подготовки, размещение их в сети Интернет позволяет применять их в дистанционном обучении школьников. Такие карты создаются сообразно конкретным потребностям урока, они графически выразительны, в результате картографическая информация легче запоминается и понимается, воздействует на эмоциональную сферу учащихся, делая процесс обучения личностно-ориентированным.

Учащиеся и самостоятельно могут создавать интерактивные карты, превращая деятельность по их разработке в проектирование.

Заключение

Таким образом, работая с картой, учащиеся учатся узнавать и называть изображенное на карте географическое пространство; определять последовательность и время, отображенных на карте событий; правильно читать и описывать словами отраженную на карте действительность; передавать содержание карты графическими средствами; находить на карте и называть включенные в легенду знаки; применять карту при анализе событий и т. д.

Создание учащимися интерактивных карт позволяет систематизировать их знания, формирует универсальные учебные действия, развивает их творческие способности. Данный вид работы показывает ученикам возможность применения знаний и умений, полученных на уроках информатики, географии для изучения материала других школьных дисциплин, позволяет формировать единое образовательное пространство.

Список литературы

1. Онлайн исторический сервис карт «Хронокон» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://chronocon.org/ru
2. Конструктор интерактивных карт «MyHistory» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://softq.org/myhistory/

Использование электронных образовательных ресурсов на уроках истории и обществознания в условиях дистанционного обучения

Е. Ф. Гребенюк, email: Lana-grebenjuk@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15»

Аннотация. *В данной статье рассматриваются различные электронные платформы, которые широко используются в системе общего школьного образования в условиях дистанционного обучения.*

Ключевые слова: *электронная образовательная платформа, образовательный контент, электронная интерактивная рабочая тетрадь Skysmart, Российская электронная школа, Microsoft Teams для образования, Zoom, электронная записная книжка Microsoft OneNote, Skype.*

Введение

Современное образование в целом, включая и общеобразовательные учебные заведения, столкнулось с необходимостью перехода в кратчайшие сроки к обучению в онлайн-формате. Внешний вызов, связанный с условиями пандемии, способствовал резкому переходу от традиционного к инновационному дистанционному способу обучения. Несмотря на наличие ряда проблем, например, неготовность инфраструктуры массового дистанционного образования, удалось достаточно эффективно и быстро использовать огромнейший потенциал и перспективы для совершенствования образовательной системы в целом, опираясь на электронные ресурсы информационного общества [1, 2]. В своей статье мне хотелось бы коротко остановиться на характеристике некоторых образовательных электронных платформ, удобных для учителя и обучающихся в процессе дистанционного обучения.

1. Виды электронных образовательных платформ

Переход на дистанционное обучение общеобразовательных учреждений способствовал широкому привлечению сервисов и внешних поставщиков контента для реализации учебного процесса посредством сети Интернет.

© Гребенюк Е. Ф., 2021

На цифровой образовательной платформе Дневник. ру была предложена электронная площадка Microsoft Teams, которая позволяет проводить запланированные уроки-онлайн согласно расписанию классов. Данная программа предоставляет преподавателям эффективный рабочий процесс класса, происходит живое общение между обучающимися и учителем, сохраняется структура комбинированного урока. В процессе опроса ученики получают оценки, при объяснении нового материала учитель может использовать презентации. В командах учителя могут быстро общаться с учащимися, обмениваться файлами и веб-сайтами, создавать блокнот класса OneNote, а также распределять и оценивать задания. Встроенные классные тетради OneNote и управление заданиями позволяют учителям организовывать интерактивные уроки, проводить персонализированное обучение и обеспечивать эффективную и своевременную обратную связь.

Помимо этого, в процессе дистанционного обучения широкое распространение среди преподавателей, обучающихся и родителей получила электронная образовательная платформа РЭШ – «Российская электронная школа» [3]. Данный образовательный контент представляет собой интерактивные уроки по всему школьному курсу, разработанные лучшими учителями страны. Интерактивные уроки «Российской электронной школы» строятся на основе специально разработанных авторских программ, успешно прошедших независимую экспертизу в соответствии с ФГОС (федеральный государственный образовательный стандарт). Подача дидактического материала на протяжении всего периода обучения обеспечивает преемственность в изложении тем, формирует связи между предметами. Упражнения и проверочные задания в уроках даны по типу экзаменационных тестов и могут быть использованы для подготовки к государственной итоговой аттестации в форме ОГЭ и ЕГЭ. На образовательной платформе РЭШ участники образовательного процесса создают свои личные кабинеты: Личный кабинет: учителя, ученика, родителя. Это позволяет осуществлять взаимодействие, контроль, анализ успешности и проблем обучения, формировать индивидуальную учебную траекторию любого ученика. Раздел «Достижения» в личном кабинете ученика отражает качество усвоения учебного материала. Так, к примеру, для учащихся первого класса достаточно получить удовлетворительную оценку по тренировочному модулю, предлагаемому программой, а вот для обучающихся, начиная со второго класса по одиннадцатый, усвоение программного материала будет считаться удовлетворительным при качественном выполнении контрольных заданий, представленных на образовательной платформе по конкретному предмету. Электронный

ресурс включает: видеоурок, конспект, тренировочные и контрольные задания по основным предметам школьного курса, к которым можно многократно обращаться для усвоения учебного материала. Более того, на ступени общего среднего образования предусмотрено изучение профильных предметов, например: курсов «Право», «Экономика» на профильном уровне. К примеру, уроки права по учебному пособию под редакцией Л. Н. Боголюбова, углубленный уровень для 10 и 11 классов. Это дает возможность старшеклассникам самостоятельно качественно готовиться к итоговой аттестации.

Размещение в открытом доступе образовательных материалов на платформе РЭШ позволяет использовать их в интересах всех обучающихся, в том числе детей с особыми образовательными потребностями и индивидуальными возможностями (одаренные дети, дети-инвалиды, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья, обучающиеся на дому, в форме семейного образования, проживающие за пределами Российской Федерации).

Еще одним электронным образовательным ресурсом, широко используемым в процессе дистанционного обучения школьников, являются электронные интерактивные рабочие тетради Skysmart, разработанные АО «Издательством «Просвещение» к учебникам из федерального перечня [4]. Содержание интерактивных рабочих тетрадей максимально приближено к учебникам и рабочим программам. Учителя регистрируются на образовательной платформе Skysmart, выбирают свой предмет и класс и создают подборку интерактивных заданий из готовых коллекций. Ученики выполняют упражнения после получения ссылки, предварительно зарегистрировавшись на данной образовательной платформе. К примеру: рабочая тетрадь УМК А. А. Вигасина–О. С. Сороко-Цюпы, 15 упражнений, в свободном доступе для учеников с 8.00 до 16.00 по местному времени.

Учитель получает полную информацию о ходе выполнения учениками интерактивных заданий, а после завершения работы у него открывается возможность проверить задания и выставить оценки в своем личном кабинете. Программа позволяет установить дату и срок сдачи задания, ограничить время выполнения заданий, генерирует уникальный вариант заданий для каждого ученика, что исключает возможность списывания друг у друга. Данная система проверки знаний мотивирует учащихся тщательно изучать учебный материал, стимулирует привлечение дополнительной информации по изучаемым вопросам учебного курса. Учитель, в свою очередь, существенно экономит время на проверке заданий учащихся.

Заключение

Рассмотрев различные электронные продукты, используемые сегодня российской школой в условиях дистанционного обучения, следует отметить:

– во-первых, дистанционное обучение школьников, либо применение элементов дистанционного обучения становится повседневной потребностью современного образования независимо от каких-либо причин;

– во-вторых, онлайн-формат преподавания учебных предметов создает условия для индивидуализированного подхода к ученику, дает право самостоятельно выбирать среди предложенных заданий подходящий уровень сложности, время занятий, форму контроля;

– в-третьих, дистанционное обучение вызывает потребность в создании новых уникальных электронных образовательных ресурсов, которые будут определять перспективу развития образования в будущем.

Наконец, дистанционное обучение призвано сформировать развитие способностей и навыков самообучения, что очень важно в условиях информационного общества, когда самообразование становится важным фактором самореализации личности. Однако, на мой взгляд, не следует отказываться от очного обучения. Именно интеграция очного и дистанционного обучения в различных пропорциях сможет определить развитие современного образования на ближайшую перспективу.

Список литературы

1. Агранович, М. Л. Организация образования в условиях пандемии. Практика стран ОЭСР [Электронный ресурс] / М. Л. Агранович. – Режим доступа: https://firo.ranepa.ru/novosti/105-monitoring-obrazovaniya-na-karantine/789-agranovich-ekspertiza

2. Дистанционное обучение в экстремальных условиях [Электронный ресурс] : информационная система / Интерфакс. Образование. – Режим доступа: https://academia.interfax.ru/ru/analytics/research/4491/

3. Российская электронная школа [Электронный ресурс] : образовательный портал. – Режим доступа: https://resh.edu.ru/

4. Как работать с интерактивными тетрадями Skysmart? [Электронный ресурс] : портал для педагогической практики. / Дидактор. – Режим доступа: http://didaktor.ru/kak-rabotat-s-interaktivnymi-tetradyami-skysmart/

Программные средства поддержки дистанционного обучения функциональному программированию

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su [1,2]
А. А. Малышев, email: alex.m.work@yandex.ru[1]

[1] Институт систем информатики имени А. П. Ершова СО РАН
[2] Новосибирский государственный университет

Аннотация. *Облачная система параллельного программирования CPPS, разрабатываемая в Институте систем информатики СО РАН (ИСИ СО РАН), использует функциональный язык Cloud Sisal для разработки, отладки, верификации и исполнения параллельных программ через веб-браузер. В докладе рассмотрена созданная онлайн среда системы CPPS, которая вместе с созданными компилятором и профилировщиком системы позволяет пользователю на любом устройстве, имеющем выход в Интернет, разрабатывать и исполнять функциональные программы на языке Cloud Sisal.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, параллельное программирование, система программирования, функциональное программирование, язык Cloud Sisal.*

Введение

Первым языком функционального программирования был Лисп, разработанный в 1961 г. американским ученым Дж. Маккарти. Хотя язык и получил широкую известность, благодаря его большей выразительности и элегантности по сравнению с традиционными языками, его применимость ограничивалась в основном задачами искусственного интеллекта. Новый период функционального программирования начался с Тьюринговой лекции 1978 г. изобретателя Фортрана Дж. Бекуса «Может ли программирование освободиться от бремени фон-неймановского стиля? Функциональный стиль и его алгебра программ». Это новое понимание и более широкое принятие функционального программирования определилось в первую очередь начатым в эти годы процессом по переходу к рассмотрению задачи программирования в ее полном контексте, начиная со спецификации задачи и логического анализа ее разрешимости, побочным продуктом которого является сама программа. Появление вычислительных систем с параллельными архитектурами еще более повысили значимость функционального программирования, поскольку оно позволяет

© Касьянов В. Н., Малышев А. А., 2021

освободить пользователя от большинства сложностей параллельного программирования, присущих императивным языкам, и возложить на компилятор вопросы построения программы, эффективно исполняемой на вычислительной системе конкретной параллельной архитектуры. Кроме того, многие технические проблемы системного и прикладного программирования обретают ясность при изложении их решения в функциональном стиле.

Облачная система параллельного программирования CPPS, разрабатываемая в ИСИ СО РАН, использует функциональный язык Cloud Sisal [1] для разработки, отладки, верификации и исполнения параллельных программ. В рамках создаваемой системы CPPS [2] прикладной программист будет иметь возможность через браузер создавать, отлаживать и верифицировать Cloud Sisal программу в визуальном стиле и без учета целевого вычислителя, а затем с помощью оптимизирующего кросс-компилятора производить настройку отлаженной программы на тот или другой супервычислитель, доступный ему по сети, с целью достижения высокой эффективности исполнения получаемой параллельной программы, а также передавать построенную программу супервычислителю на счет и получать результаты.

В докладе рассмотрена созданная онлайн среда системы CPPS, которая вместе с созданными компилятором и профилировщиком системы позволяет пользователям на любых устройствах, имеющих выход в Интернет, разрабатывать и исполнять функциональные программы на языке Cloud Sisal.

1. Онлайн среда

В текущей версии системы CPPS используется созданная онлайн среда [3], которая поддерживает взаимодействие пользователей с существующими компонентами системы CPPS через веб-браузер. В частности, существующая среда позволяет зарегистрированному пользователю создавать программы на языке Cloud Sisal, запускать их и получать результаты в веб-приложении.

Пользователь может хранить несколько проектов, каждый из которых может состоять из нескольких модулей (проект или модуль можно создать, нажав соответствующую кнопку и введя название и, опционально, описание). Каждому проекту и каждому модулю можно дать описание в соответствующих полях в редакторе системы как до, так и после их создания (см. рис. 1).

Входные данные программы (аргументы функции main) предлагается описывать в формате JSON. Вот так, например, можно задать различные параметры:

```
{
        "M" : 15, // число
        "a" : 15.1, // число
        "V1": [1 , 2 , 3 , 4.0], // "вектор"
        "A" : [
                [1 , 2 , 3],
                [4 , 5 , 6]
              ] // "матрица"
}
```

где «вектор» и «матрица» являются на самом деле просто числовыми массивами разной размерности.

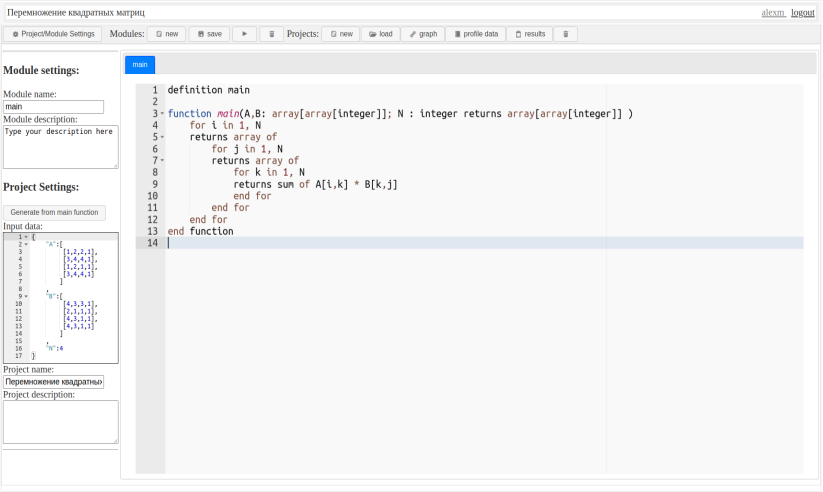


Рис. 1. Внешний вид редактора системы CPPS

Для упрощения понимания формата и задания входных данных система может для пользователя генерировать по аргументам функции main текст примера задания её входных данных. Для этого нужно сначала нажать кнопку «Generate from main function» над полем ввода данных, а затем просто можно вписать свои значения в автоматически сгенерированный шаблон входных данных функции main.

Онлайн среда системы CPPS создана с использованием фреймворка django и построена по принципам сервисной архитектуры. Для работы сервисов используются LXC для linux-систем и VirtualBox для Windows, в которой работает компилятор Sisal 3.1, рассмотренный ниже (пример Sisal-программы см. на рис. 2). Системы обмениваются данными (например, для трансляции исходного кода) посредством HTTP-

запросов. На данный момент в системе реализованы два сервиса: сервис редактора (он же осуществляет компиляцию и контролируемое исполнение C#-кода) и сервис транслятора на Windows. В сервисе Windows приёмом и обработкой запросов занимается сервер, написанный на языке Python.

```
definition main1

function Fib( M : integer returns integer )
    if M < 2 then
        M
    else
        Fib(M - 1) + Fib(M - 2)
    end if
end function

function main( M : integer returns integer )
    Fib(M)
end function
```

Рис. 2. Sisal-программа

Для редактирования кода на языке Cloud Sisal во frontend-части использован редактор ACE [4] с подсветкой синтаксиса, который встроен в Web-приложение. Для создания диалоговых окон и элементов управления используется библиотека jQuery UI [5]. Для упрощения разработки frontend-части также использована библиотека jQuery [6]. Последние две библиотеки, несмотря на репутацию устаревших, прекрасно справляются с возникающими задачами и за счёт своей легковесности делают редактор более доступным для работы на широком спектре пользовательских устройств.

2. Профилировщик

Существующая версия системы CPPS содержит компилятор Sisal 3.1, который осуществляет преобразование модулей, написанных на языке Cloud Sisal в классы, написанные на C#, которые могут быть использованы для составления программ на языке C# и скомпилированы системой при помощи MONO или .NET.

Рассмотрим, например, приведенный на рис. 3 код, полученный в результате обработки компилятором программы, изображенной на рис. 2. Данный код представляет собой C#-класс, содержащий образы функций на Cloud Sisal, этот код включается в состав проекта MONO. Система формирует решение (solution) MONO, используя построенный

код и данные с переменными в формате JSON. Требуется сгенерировать код главного класса, в который включена инициализация входных данных и вызов функций из классов, сгенерированных транслятором. Входные данные используются при генерации главного класса решения и размещаются там как hardcoded данные. Транслятор Sisal 3.1 был разработан с использованием технологии COM. По этой причине в системе используется отдельный (виртуальный) Windows-сервер для транслятора.

```
1  // This file is generated by Sisal 3.1 compiler.
2
3  using System;
4  using System.Threading;
5  using ConsoleApp1;
6
7  namespace ConsoleApp1
8  {
9
10     public class SISAL_CODE
11     {
12         public static bool  Fib(CI32 V_1,  out CI32 V_3)
13         {
14             CBOOL  V_7;
15             CI32  V_17;
16             CI32  V_21;
17             CI32  V_27;
18             CI32  V_31;
19
20             V_7 = ( new CBOOL(V_1 < new CI32(0x2)) );
21             if ( V_7._Value == true )
22             {
23                 V_3 = V_1;
24             }
25             else
26             {
27                 V_17 = V_1 - new CI32(0x1);
28                 V_27 = V_1 - new CI32(0x2);
29                 Fib(V_17,  out V_21);
30                 Fib(V_27,  out V_31);
31                 V_3 = V_21 + V_31;
32             }
33             return true;
34         }
35         public static bool  main(CI32 V_33,  out CI32 V_37)
36         {
37
38             Fib(V_33,  out V_37);
39             return true;
40         }
41     }
42
43 } // namespace Sisal_C_sharp
44
45
```

Рис. 3. Код на языке C#, получаемый компилятором Sisal 3.1

Если исходный код модуля не менялся с момента последней трансляции, то для него используется сохраняемый в базе данных результирующий код, чтобы не тратить время на ненужную его повторную (иногда весьма затратную по времени) трансляцию.

MONO-проект исполняется под контролем системы. При этом ограничивается время исполнения, чтобы учесть те случаи, когда программа не может завершиться из-за бесконечной рекурсии (или бесконечного цикла) или требует слишком много времени для своего исполнения или профилирования.

Результаты работы программы, её профилирования и ошибки, происходящие в процессе трансляции и исполнения, передаются во frontend серверной частью и показываются пользователю в отдельном окне.

Одной из задач при реализации системы является профилирование программ (рис. 4). Этот процесс позволяет пользователю лучше понять свою программу и исследовать её «узкие места», т. е. те её сегменты, обработка которых занимает наибольшее количество системных ресурсов, главным образом, процессорных вычислений. Процесс профилирования функциональных программ имеет ряд особенностей, например, для него заранее неизвестна последовательность вычислений отдельных функций [7].

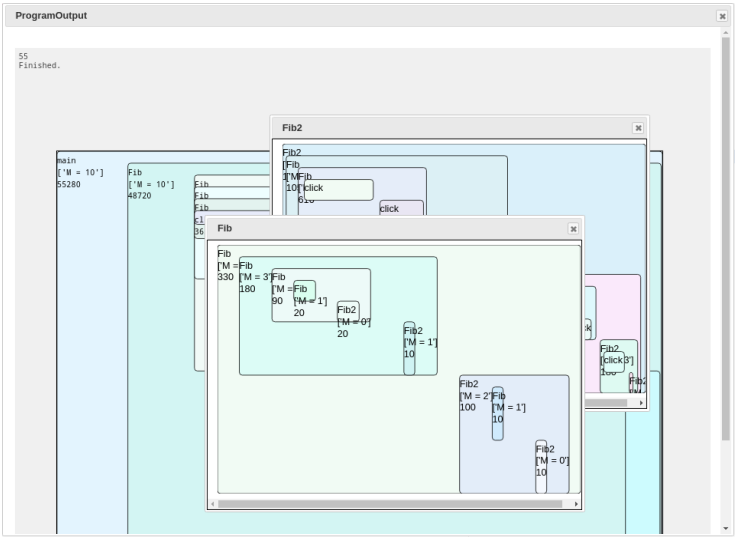


Рис. 4. Интерактивный просмотр результата профилирования программы, вычисляющей числа Фибоначчи

Для профилирования Cloud Sisal программы полученный при её трансляции код на языке C# снабжается вставками кода в виде вспомогательных функций и структуры (см. рис. 5). Эти функции сохраняют время начала и время конца выполнения функций, потоки, в которых выполнялась функция (на данный момент не реализовано), значения аргументов (реализовано не полностью), переданные функции, а также вложенность вызовов (какая функция какой функцией была вызвана). Данные функции размещаются в начале и в конце тел функций. После того, как инструментированная таким образом программа завершает свою работу, собираемая информация используется для составления интерактивного отчёта о работе программы.

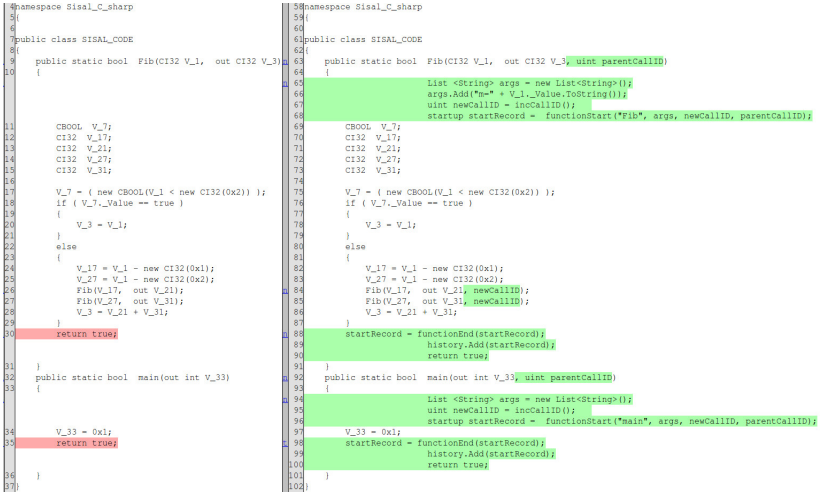


Рис. 5. Автоматическая вставка кода для профилирования функциональной программы

В отчёте собираемые данные визуализируются в виде интерактивного дерева вызовов в векторном формате SVG. Для формирования изображения используется библиотека svgwrite Python. Графический интерактивный отчёт (рис. 4) представляет собой сегмент веб-приложения, отображающий дерево вызовов функций на плоскости в виде прямоугольников, изображающих вызовы и содержащих информацию о том, сколько времени потребовалось на выполнение данного вызова, и с какими аргументами он выполнялся. Слишком большие для визуализации поддеревья отображаются в виде отдельных

вершин, но пользователь всегда может развернуть любое поддерево, нажав на изображение соответствующей вершины. Смещение и ширина изображения вершины по горизонтали соответствуют времени (началу и длительности) выполнения соответствующего вызова функции. Изображение вызова содержит также идентификатор вызываемой функции, значения аргументов и длительность его выполнения.

Заключение

В докладе была рассмотрена созданная онлайн среда облачной системы параллельного программирования CPPS, которая вместе с созданными компилятором и профилировщиком системы позволяет обучать функциональному программированию пользователя при наличии у него устройства, имеющего выход в Интернет. Её использование может происходить по следующей схеме. Сначала зарегистрированный пользователь в редакторе создаёт тексты функциональной программы и ее входных данных. Затем текст программы транслируется на сервере транслятора в C#, далее входные данные тоже транслируются в C# и вместе с исходным кодом используется для формирования MONO-Solution, которое затем компилируется и исполняется. Результатами исполнения являются данные в stdout и json-файл с данными профилирования, которые затем используются для построения итогового отчёта, предоставляемого пользователю.

Использование других создаваемых инструментов системы CPPS будет позволять пользователям представленной в докладе онлайн среды через веб-браузер визуально отлаживать и формально верифицировать функциональные программы на языке Cloud Sisal, а также исполнять параллельные программы, автоматически построенные компилятором по их функциональным спецификациям.

Список литературы

1. Касьянов, В. Н. Язык программирования Cloud Sisal / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск, 2018. – 45 с. – Препринт/ РАН, Сиб. отд-ние, ИСИ; N181.

2. Система облачного параллельного программирования CPPS: визуализация и верификация Cloud Sisal программ / В.Н. Касьянов, Д. С. Гордеев, Т. А. Золотухин [и др.] ; под ред. В. Н. Касьянова. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2020. – 256 с.

3. Онлайн среда для системы CPPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://cpps.iis.nsk.su

4. Редактор кода ACE [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ace.c9.io/

5. Библиотека jQuery UI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://jqueryui.com
6. Библиотека jQuery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://jquery.com
7. Sansom, P. M. Profiling Lazy Functional Programs / P. M. Sansom, S. L. Peyton Jones // Proceedings of the 1992 Glasgow Workshop on Functional Programming. – London: Springer, 1993. – P. 227-239.

Секция 6
Применение информационных технологий в преподавании различных дисциплин

Решение задачи линейного программирования с n переменными

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 со многими переменными 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

Общая задача математического программирования формулируется следующим образом: найти переменные $x_1, x_2, \ldots, x_n$, которые обеспечивают экстремум целевой функции

$$Z(X) = f(x_1, x_2, \ldots, x_n) \to \max(\min)$$

и удовлетворяют системе ограничений

$$\begin{cases} \phi_i(x_1, \ldots, x_n) = 0, i = 1, 2, \ldots, l \\ \phi_i(x_1, \ldots, x_n) \le (\ge) 0, i = l+1, \ldots, m. \end{cases}$$

Если при этом целевая функция и система ограничений линейны, то задача математического программирования называется задачей линейного программирования.

В данной статье рассматривается решение задачи линейного программирования с n переменными двумя методами – графическим методом и с применением табличного процессора MS Excel.

© Асланова Г. Н., 2021

1. Решение задачи линейного программирования с n переменными графическим методом

Графическим методом решаются задачи линейного программирования, записанные в каноническом виде и удовлетворяющие условию

$$n - r \le 2, \tag{1}$$

где n – число неизвестных системы ограничений, а r – ранг системы векторов условий. Если уравнения системы ограничений линейно независимы, то ранг r равен числу уравнений системы.

Алгоритм графического метода решения ЗЛП со многими переменными ($n > 2$):

1. записать каноническую форму ЗЛП;
2. выбрать две свободные переменные;
3. выразить все остальные переменные через свободные, т. е. решить систему ограничений заданной задачи;
4. выразить целевую функцию через свободные переменные;
5. полученную двухмерную задачу решить графическим методом;
6. найдя координаты оптимального решения двухмерной задачи, определяем остальные координаты оптимального решения исходной задачи;
7. значение целевой функции на оптимальном плане двухмерной задачи совпадает со значением целевой функции на оптимальном плане исходной задачи.

Рассмотрим графический метод решения задачи линейного программирования с n переменными на следующем примере.

$$Z(X) = -x_1 - x_2 + x_3 + 3x_4 + 7x_5 \to \min \tag{2}$$

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 - 3x_5 = 4, \\ x_1 + x_2 + 4x_3 + x_4 - 8x_5 = 3, \\ x_2 + x_3 - 4x_5 = -4, \end{cases} \tag{3}$$

$$x_j \ge 0,\ j = 1,\text{K},5. \tag{4}$$

Здесь (2) – целевая функция, (3) – система ограничений задачи, (4) – условия неотрицательности переменных. Условие (1) выполнимо, так как $n - r = 5 - 3 = 2$, и поэтому метод применим. Методом Жордана-Гаусса приведем систему уравнений-ограничений задачи к равносильной разрешенной, одновременно исключив разрешенные неизвестные из целевой функции (рис. 1, [1]).

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b
−1	[1]	1	2	−3	4
1	1	4	1	−8	3
0	1	1	0	−4	−4
−1	−1	1	3	7	0
−1	1	1	2	−3	4
2	0	3	−1	−5	−1
[1]	0	0	−2	−1	−8
−2	0	2	5	4	4
0	1	1	0	−4	−4
0	0	[3]	3	−3	15
1	0	0	−2	−1	−8
0	0	2	1	2	−12
0	1	0	−1	−3	−9
0	0	1	1	−1	5
1	0	0	−2	−1	−8
0	0	0	−1	4	−22

Рис. 1. Решение задачи методом Жордана-Гаусса

Запишем задачу линейного программирования в преобразованном виде:

$$Z(X) = -x_4 + 4x_5 + 22 \to \min \tag{5}$$

$$\begin{cases} x_2 - x_4 - 3x_5 = -9, \\ x_3 + x_4 - x_5 = 5, \\ x_1 - 2x_4 - x_5 = -8, \end{cases} \tag{6}$$

$$x_j \geq 0, j = 1,\ldots,5. \tag{7}$$

Отбросив в уравнениях-ограничениях (6) неотрицательные разрешенные неизвестные x_1, x_2, x_3 и заменив равенства знаками неравенства «$\leq$», получим вспомогательную задачу линейного программирования с двумя переменными:

$$Z(X) = -x_4 + 4x_5 + 22 \to \min \tag{8}$$

$$\begin{cases} -x_4 - 3x_5 \le -9, \\ x_4 - x_5 \le 5, \\ -2x_4 - x_5 \le -8, \end{cases} \tag{9}$$

$$x_4 \ge 0, x_5 \ge 0. \tag{10}$$

Теперь решаем задачу графическим методом, так это уже задача линейного программирования с двумя переменными (рис. 2). Свободный член 22 в целевой функции на отыскание оптимального решения не влияет и учитывается только при вычислении значения целевой функции.

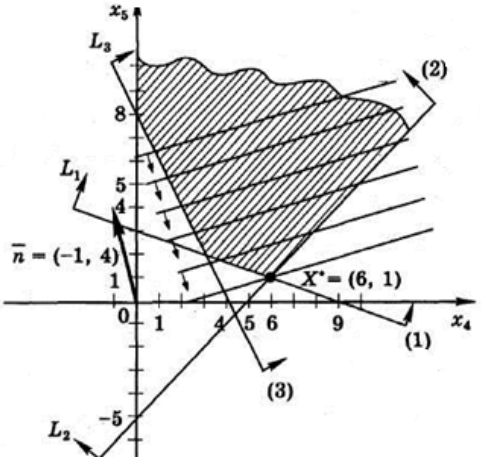


Рис. 2. Решение задачи графическим методом

Найдём оптимальное решение вспомогательной задачи $X^* = L_1 \cap L_2$:

$$\begin{cases} -x_4 - 3x_5 = -9, (L_1) \\ x_4 - x_5 = 5, (L_2) \end{cases}$$

$$-4x_5 = -4,$$

$$x_4^* = 6, x_5^* = 1,$$

$$X^* = (6;1).$$

Вычисляем минимальное значение целевой функции

$$Z\left(X^*\right) = -1 \cdot 6 + 4 \cdot 1 + 22 = 20.$$

Далее необходимо найти решение исходной задачи. Для этого используем систему ограничений в разрешенном виде (6) и вычислим

$$\begin{cases} x_2^* = -9 + x_4^* + 3x_5^* = -9 + 6 + 3 = 0, \\ x_3^* = 5 - x_4^* + x_5^* = 5 - 6 + 1 = 0, \\ x_1^* = -8 + 2x_4^* + x_5^* = -8 + 12 + 1 = 5. \end{cases}$$

В итоге получаем решение

$$X^* = (5;0;0;6;1).$$

Таким образом, получили следующее решение задачи линейного программирования:

$$\min Z(X) = 20; X^* = (5;0;0;6;1).$$

2. Решение задачи с применением 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. 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:

– должна существовать единственная максимизируемая или минимизируемая цель;
– определены ограничения задачи;
– имеется набор входных значений – влияющих на ограничения и на оптимизируемые величины переменных.

Решим поставленную задачу в табличном процессоре MS Excel с применением инструмента «Поиск решения» ([2-3]). Каким образом можно ввести исходную информацию, показано на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		**x1**	**x2**	**x3**	**x4**	**x5**			
2	**ответ**						***Ограничения***		
3	огр 1	-1	1	1	2	-3		4	
4	огр 2	1	1	4	1	-8		3	
5	огр 3		1	1		-4		-4	
6							**Целевая ячейка Z(X):**		
7	цел функц	-1	-1	1	3	7			
8									

Рис. 3. Ввод исходной информации

В ячейку H7 введем формулу для расчета целевой функции: =СУММПРОИЗВ (B2:F2;B7:F7)

В ячейку G3 введем первое ограничение: =СУММПРОИЗВ($B$2:$F$2;B3:F3)

В ячейку G4 введем второе ограничение: = СУММПРОИЗВ($B$2:$F$2;B4:F4)

В ячейку G5 введем третье ограничение: = СУММПРОИЗВ($B$2:$F$2;B5:F5)

Для большей наглядности, быстрого ориентирования можно выделять цветом необходимые ячейки. В данном случае цветом выделены ячейки, в которых будет получено оптимальное решение. В окне Поиск решения вводим необходимую информацию как представлено на рис. 4.

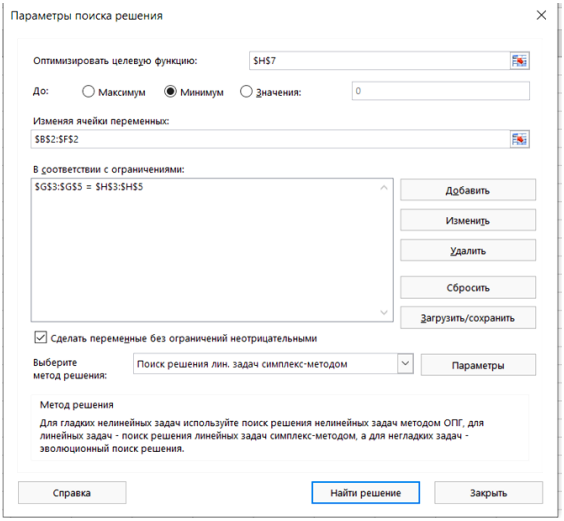


Рис. 4. Окно «Поиск решения»

Указываем, что переменные задачи неотрицательные. В списке методов решения выбираем «Поиск решения линейных задач симплекс-методом».

Результаты решения данной задачи с применением инструмента Поиск решения отражены на рис. 5. Как видим, решение полностью совпало с рассмотренным выше графическим методом.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		**x1**	**x2**	**x3**	**x4**	**x5**		
2	**ответ**	**5**	**0**	**0**	**6**	**1**	***Ограничения***	
3	огр 1	-1	1	1	2	-3	4	4
4	огр 2	1	1	4	1	-8	3	3
5	огр 3		1	1		-4	-4	-4
6							**Целевая ячейка Z(X):**	
7	цел функц	-1	-1	1	3	7		**20**
8								

Рис. 5. Результат решения задачи в MS Excel

Заключение

Результат решения рассматриваемой задачи графическим методом совпал с решением задачи в табличном процессоре. Однако намного быстрее и проще оказалось решить задачу в табличном процессоре.

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 обучающимся 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.

О преподавании курса «Правовая информатика»

С. Н. Батан, email: batan@msu.by

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Аннотация. *Рассматривается содержание курса «Правовая информатика», а также рассмотрены программные продукты, которые используются в учебном процессе для данной дисциплины.*

Ключевые слова: *правовая информатика, аналитическая правовая система, информационная поисковая система.*

Введение

Дисциплина «Правовая информатика» изучается в соответствии с учебным планом переподготовки слушателей по специальности переподготовки «Правоведение».

Необходимость данной дисциплины применительно к подготовке будущих юристов обусловлена, с одной стороны, общим влиянием технического прогресса на развитие и функционирование фактически всех общественных институтов, что влечет включение информационных технологий в образовательные стандарты для специалистов самого разного профиля. Рост объемов и скорости обмена информацией, внедрение новых способов документооборота с использованием компьютерных сетей, а также новых методов государственного управления в рамках концепции «электронного правительства» делают наличие знаний и навыков работы с информационными технологиями необходимым. С другой стороны, применительно к практической деятельности юриста, знание информационных технологий дает новые возможности повышения эффективности этой деятельности при решении конкретных задач, в том числе с использованием баз данных правовой информации и ресурсов сети Интернет.

Таким образом, важность данной дисциплины в современном юридическом образовании объясняется ее общетеоретическим и прикладным значением.

Основной целью курса «Правовая информатика» является представление слушателям сведений об использовании информационных технологий в различных областях правоприменительной деятельности, а также обучение их навыкам использования баз данных правовой информации и иных правовых информационных ресурсов при решении кадровых, управленческих,

© Батан С. Н., 2021

экономических и иных задач [1-3]. Задача курса заключаются в том, чтобы подготовить специалистов юристов, которые будут владеть глубокими и всесторонними знаниями:

– о понятии и роли информации в жизни общества;
– о государственной политике информатизации в правовой сфере;
– об информатизации правотворческой и правоприменительной деятельности;
– о правовом обеспечении информационных процессов;
– о проблемах информационной безопасности.

Методы обучения: изложение учебного материала с использованием элементов проблемного обучения (постановка проблем, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемое на лекционных занятиях, а равно использование элементов учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, применение коммуникативных технологии (дискуссия, учебные дебаты и другие методы), реализуемое как на лекционных, так и на семинарских занятиях.

Средства обучения: словесные (лекции), использование мультимедийных презентаций, наглядных материалов (схем, таблиц), выполнение контрольных заданий в тестовой форме.

В результате изучения дисциплины «Правовая информатика» слушатели должны:

знать:

– основные понятия, используемые в информационной сфере;
– основные проблемы информатизации, в том числе в области права;
– основные понятия и структуру информационного права как совокупности правовых норм, регулирующих отношения в информационной сфере;
– содержание основных нормативных правовых актов информационного законодательства;
– возможности и приемы использования компьютерных информационных технологий в повседневной работе юриста, в том числе основные базы данных правовой информации и ресурсы национального сегмента сети Интернет;

уметь:

– применять полученные знания в своей практической деятельности при работе с информационными ресурсами и использовании информационных технологий.

Курс составлен с учетом достижений правовой науки, действующего законодательства и практики его применения.

Предполагается изучение следующих тем.

Тема 1. Роль информации в современном мире. Информационное общество. Правовая информатика Роль информации в жизни личности, общества и государства. Характерные черты информационного общества. Понятие правовой информатики как науки и учебной дисциплины. Связь правовой информатики с другими науками. Значение правовой информатики для юридической науки.

Тема 2. Информация в правовой системе: понятие, основные черты и классификация Подходы к определению информации различных наук и права. Основные свойства информации. Понятие и классификация правовой информации. Открытая информация и информация ограниченного доступа. Классификация информации ограниченного доступа.

Тема 3. Информационные процессы и информационные системы Понятие информационных процессов. Значение изучения информационных процессов для юридической науки. Виды информационных процессов. Понятие информационной системы. Основные требования, предъявляемые к современным автоматизированным информационным системам. Классификация информационных систем. Основные направления использования автоматизированных информационно-поисковых и информационно-справочных систем в юридической деятельности.

Тема 4. Информационная безопасность. Государственная политика в области информатизации Приоритетные направления развития государственной политики в информационной сфере. Концепция безопасности Республики Беларусь в информационной сфере. Основные задачи в области обеспечения информационной безопасности. Защита информации. Организационные, программно-технические и юридические методы защиты информации. Основные направления информатизации правоприменительной деятельности.

Тема 5. Концепция электронного правительства. Электронный документооборот и электронная цифровая подпись. Особенности сети Интернет как средства распространения информации. Применение возможностей сети Интернет в правоприменительной деятельности. Правовые ресурсы сети Интернет. Государственная политика в сфере Интернета. Компьютерная преступность.

Тема 6. Информатизация правовой системы. Правовая информатизация. Государственная система правовой информации Республики Беларусь Понятие электронного обмена данными и электронного документооборота. Понятие электронного документа и его особенности. Понятие электронной цифровой подписи. Зарубежный

опыт разработки и внедрения электронного документооборота Концепция электронного правительства в Республике Беларусь

Тема 7. Государственные информационно-правовые ресурсы. Роль сети Интернет в юридической деятельности Государственная система правовой информации. Принципы деятельности Национального центра правовой информации. Правовые ресурсы сети Интернет. Основные электронные базы данных правовой информации.

Форма текущей аттестации слушателей в соответствии с учебным планом формой текущей аттестации слушателей является зачет. Подготовка к нему является результатом активной работы слушателей на лекциях, тренингах и самостоятельной работе. Самостоятельная работа слушателей является основным способом охвата учебного материала по дисциплине «Правовая информатика» в свободное от обязательных учебных занятий время. Цель самостоятельной работы слушателей – содействие усвоению в полном объеме содержания учебной дисциплины через систематизацию, планирование и контроль собственной деятельности. Контроль усвоенных знаний слушателей может осуществляться путем устного или письменного опроса, заслушивания докладов, проверки выполнения практических заданий.

Наиболее востребованными и оперативными источниками получения правовой информации у пользователей являются полнотекстовые электронные правовые ресурсы: эталонный банк данных правовой информации Республики Беларусь с информационно-поисковой системой «Эталон», аналитическая правовая система «Бизнес-Инфо», справочная правовая система «КонсультантПлюс». Рассмотрим первых два программных продукта.

1. Аналитическая правовая система «БизнесИнфо»

«БизнесИнфо» – это аналитическая правовая система нового поколения, созданная для специалистов, принимающих решения, связанные с законодательством.

Разработчик аналитической правовой системы «БизнесИнфо» – общество с ограниченной ответственностью «Профессиональные правовые системы». Аналитическая правовая система «БизнесИнфо» включает всё законодательство Республики Беларусь, а также аналитические и справочные материалы, сформированные по профессиональной принадлежности пользователя в специализированные банки данных.

Главная страница программы АПС «БизнесИнфо» на рис. 1.

На данной странице есть возможность:

– ввести поисковой запрос в строке Быстрого поиска;
– перейти к Расширенному поиску;

– ознакомиться с последними новостями законодательства в рубрике «Новости»;
– изучить новости банков данных;
– перейти к перечню текущих и прошедших интернет-семинаров (интервью);
– найти письмо представителя компании;
– перейти на сайт компании www.business-info.by;
посмотреть обучающий ролик АПС «БизнесИнфо».

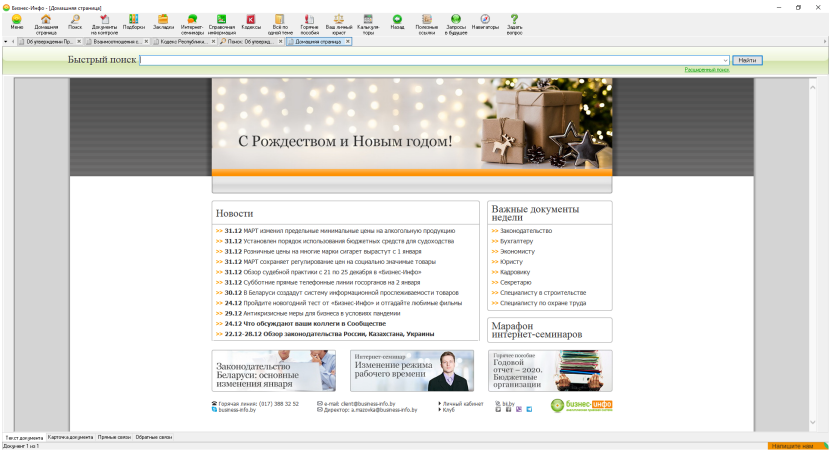


Рис. 1. Домашняя страница программы «БизнесИнфо»

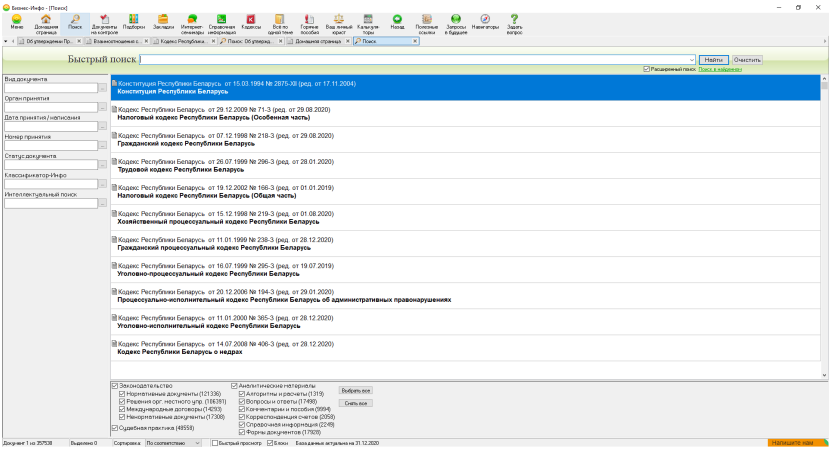


Рис. 2. Окно поиска системы «БизнесИнфо»

Для того чтобы открыть рабочее окно программы, достаточно нажать кнопку «Найти» в стартовом окне программы, или можно открыть через Меню «Поиск».

По нажатию кнопки «Поиск» открывается окно, представленное на рис. 2. С помощью данного окна производится поиск документов по реквизитам.

2. Информационная поисковая система «ЭТАЛОН»

Информационная поисковая система «ЭТАЛОН» разработана Национальным центром правовой информации Республики Беларусь для обеспечения доступа пользователей к электронной копии эталонного банка данных правовой информации Республики Беларусь и иным банкам данных, формирование, ведение и распространение (предоставление) которых обеспечивает в соответствии с законодательством.

Информационное наполнение ИПС ЭТАЛОН составляют документы различных банков данных. По названию банка данных можно определить характер содержащейся в нём информации. Перечислим основные банки данных, предлагаемых для использования в составе ИПС ЭТАЛОН:

– законодательство Республики Беларусь;
– международные договоры;
– решения органов местного управления и самоуправления;
– судебная практика;
– правоприменительная практика;
– формы документов.

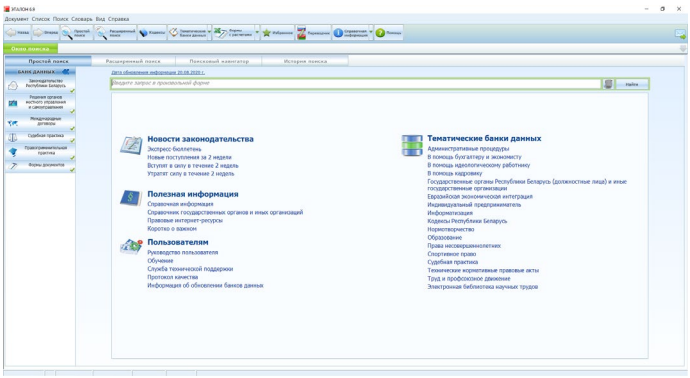


Рис. 3. Домашняя страница ИПС Эталон

Стартовое окно (рис. 3) предназначено для выбора наиболее подходящего режима для начала работы и обеспечивает доступ к основным поисковым возможностям системы, а также к полезным функциям (Переводчик) и наиболее востребованным подборкам документов (пользовательские списки, новые документы, Кодексы и Тематические банки данных). Для поиска используется окно, представленное на рис. 4.

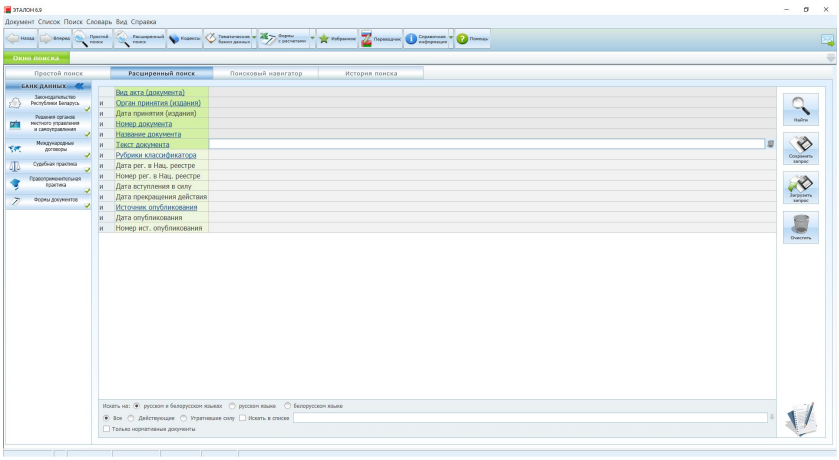


Рис. 4. Окно поиска системы «БизнесИнфо»

Все описанные справочно-правовые системы: «КонсультантПлюс», «ЭТАЛОН», «БизнесИнфо» поддерживаются в актуальном состоянии и полностью соответствуют оригиналам по содержанию и оформлению. Буквально за несколько секунд можно получить доступ к любому нормативному документу в действующей редакции (и при необходимости, в предыдущих). Все изменения в законодательстве оперативно вносятся в систему. Информационные банки правовых систем содержат: законодательство; судебную практику; финансовые и кадровые консультации; комментарии законодательства; формы документов; законопроекты; международные правовые акты; прессу и книги и т.п. Интернет-версии систем «КонсультантПлюс», «БизнесИнфо», «ЭТАЛОН» содержат законы Республики Беларусь, указы Президента Республики Беларусь, постановления и распоряжения Правительства Республики Беларусь и другие нормативные документы в бесплатном доступе. Поступление новых документов выполняется ежедневно.

Заключение

В данной работе рассмотрены далеко не все информационно-коммуникационные технологии и системы, предназначенные для решения задач юриспруденции. Следует отметить, что проанализировать все имеющиеся технологии и системы, разработанные для юридической деятельности, в рамках одной работы просто невозможно. Также необходимо учитывать, что процесс информатизации протекает довольно быстро, ежегодно появляются новые программные продукты для юристов. Также отображены Законы, которые отобразили цифровые инновации и своеобразный итог пути, проведённого Республикой Беларусь в области использования информационных технологий в нормотворческом процессе.

В современном обществе решение профессиональных задач невозможно без использования новых информационных технологий, поэтому данная тематика реферата и является актуальной. По мере вхождения в глобальное информационное общество такие механизмы и процессы будут играть всё более весомую роль.

Список литературы

1. Правовая информатика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / под ред. В. Д. Элькина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 398 с.

2. Правовая информатика : учебное пособие / Г. Л. Акопов [и др.]. – Ростов-на-Дону: Ростовский юридический институт МВД России, 2006. – 149 с.

3. Чубукова, С. Г. Основы правовой информатики (юридические и математические вопросы информатики) : учебное пособие для студентов юридических и иных высших учебных заведений / С. Г. Чубукова, В. Д. Элькин ; под ред. М. М. Рассолова. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва : Контракт : ИНФРА-М, 2009. – 276 с.

Медиаинформационная грамотность как ключевая компетенция учителя 21 века

И. В. Белова, email: irasharova165@yandex.ru [1]
С. В. Белов, email: aspirant12sgpu@mail.ru [2]

[1] МОУ гимназия № 1 г. Шуя Ивановской области
[2] ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Шуйский филиал

Аннотация. *Статья посвящена актуальному направлению современной педагогики – медиаобразованию и его компонентам. Рассмотрены педагогические аспекты формирования информационно-медийной грамотности обучающихся в процессе медиаобразования. Умение оперировать основными понятиями и терминами в области медиаобразования, позволяет формировать у педагогов цифровые компетенции, которые лежат в основе цифровой компетентности современного учителя, что повышает уровень информационно-медийной грамотности как самого педагога, там и в процессе взаимодействия с обучающимися позволяет формировать у них информационно-медийную грамотность.*

Ключевые слова: *цифровая компетенция, цифровая компетентность, информационно-медийная грамотность, сервис Genially, интерактивная среда.*

Введение

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в настоящее время в условиях цифровизации образования у современного учителя должны быть сформированы цифровые компетенции, индикаторы которых определяют уровень сформированности информационно-медийной грамотности. Эти показатели современного учителя напрямую влияют на качество образования и процесс обучения в школе. Современное общество основано на использовании информации и знаний. Сегодня невозможно игнорировать повсеместное распространение медиа, различных форм информационных и коммуникационных технологий, или их влияние на нашу общественную жизнь. Поэтому для активного и успешного участия в жизни информационного общества необходимы новые виды компетенций. Всё это может обеспечить медиаобразование, призванное выполнять уникальную функцию – подготовку людей к жизни в информационном

© Белова И. В., Белов С. В., 2021

обществе. Все эти факторы и определили актуальность выбранной темы.

1. Характеристика понятия «медиаинформационная грамотность обучающихся»

Термин «медиа» происходит от латинских medium (средство), media (средства) и в современном мире повсеместно употребляется как аналог термина СМК – средства массовой коммуникации (печать, фотография, телевидение, видео, мультимедийные компьютерные системы, включая Интернет) и/или СМИ (средства массовой информации).

Анализ научной литературы показывает, что за последние десятилетия сложилась определенная система основных терминов, которыми оперирует медиаобразование. Вместе с тем, как и в педагогической науке в целом, так и в медиаобразовании не существует единой, принятой во всех странах мира терминологии. Как правило, не только национальные научные школы, но и отдельные ученые разных стран предлагают свои варианты формулировок таких ключевых понятий, как «медиаобразование», «медиакультура», «медиаграмотность», «медиакомпетентность», «медиапедагогика» и т. д. Во многих англоязычных странах термин «медиаобразование» заменяется аналогом – «медиаграмотность» (media literacy). Задачи медиаобразования (tasks of media education) – обучить грамотно «читать» медиатекст; развить способности к восприятию и аргументированной оценке информации, развивать самостоятельность суждений, критического мышления, предпочтений, эстетического вкуса; интегрировать знания и умения, получаемые на различных учебных занятиях, в процессе восприятия, анализа и творческой деятельности и др.

Медиаобразование (media education) – направление в педагогике, выступающее за изучение «закономерностей массовой коммуникации (прессы, телевидения, кино, видео и т. д.). Основные цели медиаобразования: подготовить новое поколение к жизни в современных информационных условиях, к восприятию различной информации, научить человека понимать ее, осознавать последствия ее воздействия на психику, овладевать способами общения на основе. Так среди основных задач медиаобразования можно выделить:

– развитие способности к критическому мышлению/критической автономии личности;

– развитие способностей к восприятию, идентификации, интерпретации, декодированию, оценке, пониманию, анализу медиатекстов;

– развитие знаний социальных, культурных, политических и экономических смыслов и подтекстов функционирования медиа в социуме и медиатекстов, подготовку людей к жизни в демократическом обществе;

– развитие коммуникативных способностей личности;

– обучение самовыражаться с помощью медиа, создавать медиапродукты;

– давать знания по теории и истории медиа и медиакультуры, включая такие ключевые понятия, как агентство медиа (agency), категория медиа (category), язык медиа (language), технология медиа (technology), репрезентация медиа (representation), аудитория медиа (audience) и т. д.

Современная школа должна превратиться в своеобразный медиацентр, который может дать обучающемуся не просто набор статичных знаний, а научить ориентироваться в информационных потоках, что позволит ему определиться в профессиональном и социальном плане. Все это формирует чувство успешности, а энергию для своего интеллектуального роста обучающийся может черпать только в своих успехах.

Вместе с тем, в образовательных учреждениях общего и среднего образования остаются обучающиеся, сталкивающиеся с кризисной ситуацией в образовании, когда при огромном объеме все время умножающейся информации, многие учителя продолжают опираться на репродуктивные (лишенные творческого, критического подхода) методы обучения, отставая от современных цифровых технологий.

Практика показывает недостаточную сформированность у обучающихся «умения учиться»: умения добывать информацию, адекватно отбирать и анализировать, выявлять ошибки в полученной информации, оперировать приобретенными знаниями, применять их в новых ситуациях, делать самостоятельные выводы и обобщения, находить решения в нестандартных условиях. Развитию выше перечисленных качеств мышления человека способствует работа по развитию медиа-информационной грамотности на уроках математики [1].

Формирование медиаинформационной грамотности – это новое направление деятельности, которое развивается во многих странах мира и активно исследуется, в том числе и в России. Информационная грамотность (information literacy) – умение «читать», анализировать и синтезировать информацию, – способность использовать компьютерную и медиатехнику, знание основ информатики, информационных технологий. В области педагогического образования нами

информационная грамотность рассматривается как набор компетенций, необходимых для получения, понимания, оценки, адаптации, генерирования, хранения и представления информации, используемой для анализа проблем и принятия решений [1].

Позволяет отвечать на следующие вопросы:

– Выявление (осознание) информационных потребностей: «Что я хочу? Какую проблему я пытаюсь решить?»

– Выявление источников информации: «Что использовать (Интернет, книги или телевидение)? Использовать первичные, вторичные или третичные источники?»

– Определение местоположения или поиск информации: «Где следует искать информацию? К кому обратиться за помощью?»

– Анализ и оценка качества информации: «Как узнать, насколько надёжна данная информация?»

– Организация, хранение или архивирование информации: «Как эффективно организовать информацию, полученную из многочисленных источников?»

– Использование информации в соответствии с эстетическими нормами, эффективное и результативное: «Как мне следует действовать, чтобы соблюсти авторские права создателей информации?»

– Создание и обмен новыми знаниями: «Как можно представить мою информацию?»

Медийная грамотность (media literacy) – умение анализировать и синтезировать медийную реальность, умение «читать» медиатекст, способность использовать медийную технику, знание основ медиакультуры, то есть результат медиаобразования. Медиаграмотность – результат медиаобразования, изучения медиа. Чем больше вы изучаете медиа (с помощью медиа), тем более вы медиаграмотны: медиаграмотность – это способности экспериментирования, интерпретации/анализа и создания медиатекстов. В области педагогического образования нами медиаграмотность рассматривается как совокупность навыков и умений, которые позволяют людям анализировать, оценивать и создавать сообщения в разных видах медиа, жанрах и формах [2]:

– Эстетические и креативные навыки: способность видеть, слышать, создавать и интерпретировать медиа контент.

– Интерактивные навыки: способность общаться при помощи медиа и примерять на себя различные медиа роли.

– Навыки критического анализа. Это умение интерпретировать и понимать значение различных медиа контентов.

Изучив опыт зарубежных и отечественных учёных, с учетом Федерального государственного образовательного стандарта основного

общего образования (ФГОС ООО) и Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС СОО), нами предлагается следующее определение понятия «медиа-информационная грамотность обучающихся общеобразовательных учреждений» – это наличие знаний и умений работать с любыми источниками информации (устными, письменными, аналоговыми и электронными или цифровыми), а также со всеми видами и типами информационных ресурсов для достижения поставленных целей и выполнения образовательных потребностей, с целью применения знаний и умений на последующих ступенях обучения и достижения определённых образовательных результатов [2].

2. Интерактивные среды как средство повышения уровня медиаинформационной грамотности обучающихся

В настоящее время одним из основных средств организации компьютерной поддержки процесса обучения в школе являются интерактивные среды, которые представляют собой программное обеспечение, позволяющее выполнять математические модели на компьютере. Рассмотрим более подробно технологию обучения математике в школе с использованием интерактивных сред. В России наиболее известными интерактивными средами для обеспечения процесса обучения математике являются «Живая математика», «Живая геометрия», «GeoGebra», «Открытая математика» и другие. Удобство использования таких сред в процессе обучения математике определяется тем, что допускается упрощение геометрических построений за счет создания инструментов для выполнения более сложных операций: деление отрезка пополам, вписывание треугольника в окружность, построение сечений многогранников и другие возможные операции. Однако главным достоинством интерактивных сред является возможность создания динамических чертежей, моделей и текстов, которые делают видимым динамическую устойчивость и изменчивость свойств геометрических фигур как позиционных, так и метрических. Остановимся более подробно на основных и наиболее востребованных и продуктивных интерактивных средах.

Интерактивная среда «GeoGebra» является свободно распространяемым программным продуктом, объединившим в себе важные математические представления: табличное, алгебраическое и геометрическое. Программа состоит из трёх основных оболочек [3]: «Geometry», «Graphing Calculator», «3D Graphing». Предлагаемые разработчиками программы анимации и динамические модели предназначены для введения геометрических понятий, построений геометрических объектов в среде, доказательств некоторых теорем и

формул; упражнения – для организации деятельности учащихся по освоению инструментов, необходимых для построения и оперирования динамическим чертежом изучаемых геометрических объектов; задачи – для включения обучающихся в учебно-исследовательскую деятельность разного уровня сложности, связанную с построением динамических чертежей и проведением компьютерных экспериментов для выявления свойств и признаков изучаемых геометрических понятий. Таким образом, основной особенностью программы GeoGebra является наличие возможности построения динамических чертежей – геометрических конструкций, которые можно изменять при сохранении алгоритма их построения путем задания изменений одного или нескольких параметров геометрических объектов. Для развития пространственного воображения существует возможность углублённого и детального изучения динамических моделей в разных плоскостях и под разным углом, что позволит студентам составить полную картину процесса в виртуальных условиях и применить полученные навыки в реальных условиях [4].

Интерактивная среда «Живая математика» – это простая в использовании, но в то же время с большими возможностями виртуальная среда для уроков математики, которая предоставляет обучающимся и учителю широкие возможности для динамического представления математической информации. Учебно-методический комплект состоит из самой программы «Живая математика», методического пособия и альбомов готовых динамических чертежей, разделённых на две группы: «Теоремы и задачи школьного курса», «Дополнительные материалы». Первая группа содержит альбом «Введение в компьютеризированный курс планиметрии», содержащий более 40 уроков по темам: «Начальные геометрические сведения», «Треугольники», «Четырёхугольники», «Площади», «Подобие», «Окружность». В отличие от чертежа, построенного на бумаге с помощью карандаша и линейки, чертёж, выполненный в виртуальной среде «Живая математика», можно тиражировать, деформировать, перемещать и видоизменять. Элементы чертежа легко измерить компьютерными средствами, а результаты этих измерений допускают дальнейшую компьютерную обработку. Программу можно использовать практически при любых видах учебной деятельности, в том числе, при выполнении домашних работ, творческих проектов и т. д. Виртуальная среда помогает педагогу повысить разнообразие форм работы обучающихся, значительно увеличить долю активной творческой работы в их учебной деятельности [5]. Например, на уроках стереометрии в программе можно построить сечения многогранников. Алгоритм построения не

вызывает затруднений, для наглядности можно использовать выделение различными цветами элементов чертежа, а также вести алгоритм построения. После завершения построения можно выполнить демонстрацию работы. В процессе работы с виртуальной средой «Живая математика» у обучающихся формируется пространственное воображение, абстрактное и логическое мышление, что соответствует требованиям ФГОС, предъявляемым к обучающимся.

3. Онлайн-платформы для организации дистанционного обучения в школе

С учётом современных проблем в области образования и недостаточного количества доступных онлайн-платформ для осуществления полноценного процесса обучения в школе в дистанционном формате, нами выполнен обзор основных современных мультимедийных ресурсов и образовательных интернет–порталов для средней общеобразовательной школы, которые могут быть использованы в процессе дистанционного обучения современным учителем математики: электронная образовательная платформа XXI века: Якласс (https://www.yaklass.ru); система адаптированного интерактивного образования: Учи.ру (https://uchi.ru); образовательный портал при подготовке к экзаменам: Решу ЕГЭ (https://ege.sdamgia.ru); онлайн школа для учеников 3–11 классов: Фоксфорд (https://foxford.ru); Российская электронная школа (РЭШ) (https://resh.edu.ru). Каждый из представленных ресурсов имеет свои достоинства и недостатки, специфику и форму работы, но общим фактором, их объединяющим, является то, что данные ресурсы дают некоторую возможность осуществлять процесс обучения в школе в дистанционном формате, а также являются тренажёрами для подготовки в сдаче единого государственного экзамена выпускниками школ. Рассмотрим более подробно специфику работы некоторых онлайн-платформ:

Процесс обучения в системе адаптированного интерактивного образования Учи.ру (https://uchi.ru) приобретает новые очертания, становится более лёгким и увлекательным для обучающихся, платформа имеет яркий дизайн и качественный интерфейс. Платформа способна анализировать успехи обучающегося и разрабатывать для него дальнейшую программу обучения математике. Особенность платформы заключается в том, что она адаптирована под самого обучающегося. Например, когда они не способны решить какую-либо задачу, то система подсказывает пути решения и даёт возможность прийти к правильным ответам, направляя обучающегося и развивая его логическое мышление. Образовательная платформа Учи.ру адаптирована для обучающихся с разным уровнем развития творческих способностей, подстраивается под

каждого, планомерно повышает их уровень знаний, умений и навыков, и является инструментом инклюзивного образования, а также обеспечивает возможность заниматься людям с ограниченными возможностями здоровья и особыми образовательными потребностями, так как не зависит от начальной подготовки обучающегося и его местонахождения. Кроме этого, «плюс» данной платформы в том, что она не привязана ни к одному конкретному автору или учебнику по математике. Использование системы позволяет повысить мотивацию обучающегося к математике, уровень творческих способностей путём создания благоприятной эмоциональной среды для выполнения заданий. Учи.ру может использоваться как на уроках для организации индивидуальной и групповой форм образовательного процесса по математике, так и дома при подготовке домашнего задания. Главная особенность работы на этой платформе в том, что она даёт возможность участвовать как во внутренних, так и во всероссийских олимпиадах по математике [6].

Электронная образовательная платформа XXI века «ЯКласс» (https://www.yaklass.ru) включена в перечень инновационной, высокотехнологичной продукции и технологий, и полностью соответствует требованиям перечня инновационной и высокотехнологичной продукции [7]. Преимущество данной системы заключается в автоматической проверке работ, позволяющей избавить педагога от рутинной проверки тетрадей и составления отчётов. Интеграция системы «ЯКласс» с электронными журналами и регулярное партнёрство с популярными издательствами делают работу ещё удобнее. Материалы соответствуют требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов основного общего образования (ФГОС ООО) и среднего общего образования (ФГОС СОО). Актуальным в настоящее время остаётся вопрос: Как же мотивировать обучающихся учиться? Система «ЯКласс» даёт возможность создавать соревнования между обучающимися класса, классами школы, школами города и области. Активность работы учитывается системой. В режиме Online происходит формирование и обновление рейтинга самых активных пользователей системы и по итогам определённого цикла занятий происходит подведение итогов работы каждого обучающегося в классе, самого активного класса в школе и самого активного педагога школы. Это даёт возможность находить мотивацию и устанавливать системы взаимоотношение «педагог-обучающийся». Ещё одна интересная особенность системы «ЯКласс» заключается в необычном подходе с элементами геймификации, когда происходит адаптация игровых методов с

неигровыми процессами и событиями для большей вовлечённости обучающихся в процесс обучения на платформе «ЯКласс». Педагог имеет возможность разрабатывать собственные задания и мета-предметы, размещать их в системе, а также обмениваться опытом с другими педагогами и организовывать внутренние олимпиады по различными предметам, в том числе и по математике. Очень важно, что система также адаптирована для родителей, которые могут следить за успехами свои детей в режиме Online и просматривать статистику по количеству решённых задач, сколько времени затрачивается при решении заданий и общее время, проведённое в системе «ЯКласс». Это очень важно, так как работа в системе должна быть ограничена по времени в соответствии с требованиями СанПиН.

Учитывая специфику процесса обучения математике в школе следует отметить, что неотъемлемой составляющей успешного процесса обучения, в том числе в условиях дистанционного обучения является умение современного учителя работать с интерактивными средами, сервисами Web 2.0, интерактивными досками, онлайн-тренажёрами, графическими редакторами, планшетами и другим современным программным обеспечением. Например, в рамках проектной деятельности на уроках математики, можно предложить выполнение обучающимися индивидуальных или групповых проектов творческого характера в сервисе Genially.

В качестве одной из возможных тем может быть предложена разработка проекта «Удивительный квадрат» (геометрические головоломки), средствами сервиса Genially, предназначенного для разработки интерактивных ресурсов: плакатов, презентаций, игр, викторин, постеров, карт, инфографики. Для начала работы с сервисом необходимо пройти регистрацию. Достоинства сервиса: простота, доступность, бесплатность, возможность создания неограниченного количества работ, публикация практически на всех интернет-платформах. Однако есть и небольшие недостатки Интерфейс сервиса на английском языке, но можно использовать встроенный переводчик в браузере сервис на иностранном языке, не все шрифты поддерживают кириллицу. При создании интерактивного ресурса можно прикреплять к интерактивным меткам ссылки на веб-ресурсы, текстовую информацию, изображения, видео, аудио и любые встраиваемые объекты (презентации, игры). Можно изменять размер всех добавляемых элементов, перемещать их и удалять, если они не подошли. Genial.ly сохраняет весь добавляемый контент в облачном хранилище, поэтому можно оставить незаконченную работу над проектом и продолжить её на другом компьютере. Также, платформа поддерживает совместную

работу, это означает что вы можете одновременно работать над одним проектом с другими людьми, вместе преображая контент на основании общих идей. Образовательная ценность такого проекта заключается в том, что сервис позволяет работать над проектом в группе. Элементы такой проектной деятельности находят своё отражение на уроках математики, на базе МОУ гимназии № 1 г. о. Шуя Ивановской области, на различных этапах урока в 5–6 классах с учётом требований ФГОС. Использование на уроках математики интерактивных заданий дает возможность повысить познавательную активность учеников и эффективность восприятия ими изучаемого материала. Сервис Genially – это дидактический многомерный инструмент, где обеспечивается многоуровневая работа с определённым объёмом информации на всех этапах: изучение нового материала, закрепление, систематизация и обобщение, контроль за качеством усвоения полученных знаний.

Заключение

Направления дальнейших исследований в этой области заключаются в улучшении качества исследуемого процесса с учётом усовершенствования и корректировки процесса познавательной деятельности в условиях образовательного процесса школы. Главная и приоритетная задача для современного педагога – научить обучающихся и их родителей, выбирать из большого потока информации те её элементы, которые способны сформировать у обучающегося качества, характеризующие его как духовно-нравственную личность, которая умеет анализировать информацию и делать адекватные выводы. Медиаобразование – это путь в мир технологий, без которых немыслима современная цивилизация, в условиях цифровизации образования.

Процесс формирования информационно-медийной грамотности обучающихся обладает большим потенциалом для развития различных умений и навыков обучающихся в достижении не только образовательных целей урока, а также в достижении задач личностного развития. Опыт показал, что если эту работу правильно организовать, проводить систематически и целенаправленно, то обучающиеся быстро её осваивают, принимают активное участие в познавательной деятельности. Работа с медиа мотивирует обучающихся на углубление и расширение знаний, требует от них самодисциплины, ответственности и критичности мышления.

Список литературы

1. Белов, С. В. Формирование информационно-медийной грамотности у студентов средствами преподаваемых дисциплин / С. В. Белов, И. В. Белова // Актуальные вопросы естествознания:

V Всероссийская научно-практическая конференция : сб. докл. и науч. ст. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 180–188.

2. Белов, С. В. Формирование информационно-медийной грамотности у студентов – будущих учителей математики и информатики / С. В. Белов, И. В. Белова // Актуальные проблемы обучения математике и информатике в школе и вузе: V Международная заочная научная конференция : электронное издание сетевого распространения. – Москва : МПГУ, 2020. – С. 256–261. – Режим доступа: http://news.scienceland.ru/2019/12/16/3944/

3. Белов, С. В. Обучение геометрии с использованием геометрической среды GEOGEBRA / С. В. Белов, И. В. Белова // Научный поиск: спец. выпуск. – 2019. – № 3.1. – С. 36–38.

4. Белов, С. В. Использование интерактивной геометрической среды GeoGebra в учебном процессе / С. В. Белов, И. В. Белова // Шуйская сессия студентов, аспирантов, педагогов, молодых ученых: XII Международная научная конференция : сб. ст. – Шуя : Изд-во Шуйского филиала ИвГУ, 2019. – С. 44–46.

5. Белова, И. В. Использование виртуальной среды «Живая математика» при создании математических моделей / И. В. Белова, С. В. Белов // Шуйская сессия студентов, аспирантов, педагогов, молодых ученых: XIII Международная научная конференция : сб. ст. – Москва-Иваново-Шуя : Изд-во Иван. гос. ун-т, 2020. – С. 11–12.

6. Белова, И. В. Использование интерактивных онлайн платформ в процессе обучения математике / И. В. Белова, С. В. Белов // Состояние и перспективы развития ИТ-образования: Всероссийская научно-практическая конференция : сб. докл. и науч. ст. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – С. 210–217.

7. Белова, И. В. Обучение математике с помощью учебной платформы «ЯКласс» / И. В. Белова, С. В. Белов // Современные проблемы и перспективы обучения математике, физике, информатике в школе и вузе : межвузовский сборник научно-методических трудов. – Вологда : ВоГУ, 2020. – Выпуск 3. – С. 70–73.

Приемы работы при разработке рабочих программ учебного предмета

О. И. Будникова, email: olya_ololoeva132@mail.ru

Казенное общеобразовательное учреждение Воронежской области «Воронежская школа № 31 для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья»

Аннотация. *В статье рассматриваются приемы работы с текстовым редактором при разработке однотипных документов, основанных на применении шаблонов оформления Microsoft Word.*

Ключевые слова: *рабочая программа, стили форматирования, структура документа, шаблон оформления.*

Введение

В методической работе педагога часто возникает необходимость разработки однотипных документов, например, Рабочих программ по учебным предметам или коррекционным курсам. В этом случае, упростить и повысить эффективность работы с текстовым редактором можно за счет использования заранее подготовленных шаблонов. Однако не все педагоги, из-за недопонимания возможностей шаблонов или «боязни» их применения, используют эти приемы.

Целью статьи является рассмотрение эффективных приемов работы с текстовым редактором при разработке однотипных документов основанных на применении шаблонов оформления.

Для грамотной разработки Рабочих программ по учебным предметам или коррекционным курсам необходимо рассмотреть методические основы разработки Рабочих программ по учебным предметам или коррекционным курсам.

1. Методические основы разработки Рабочих программ по учебным предметам или коррекционным курсам

В настоящее время в образовательных учреждениях используются примерные программы по учебным предметам, которые утверждаются Министерством образования и науки Российской Федерации и носят рекомендательный характер. Они являются базой для составления педагогами рабочих программ, учитывающих национально-региональный и школьный компонент, методический потенциал

© Будникова О. И., 2021

учителя, уровень подготовленности учащихся, возможности использования новых информационных технологий.

Однако рабочая программа для обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями) – это нормативный документ, определяющий объем, порядок, содержание изучения и преподавания какой-либо учебной дисциплины, разработанный на основе адаптированной основной общеобразовательной программы [1].

Поэтому составление рабочих программ учебных курсов, предметов, дисциплин (модулей) в образовательном учреждении должно опираться на Федеральный государственный образовательный стандарт образования обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями) [2] и Примерную адаптированную основную общеобразовательную программу образования [3]. Этим определяется структура и обязательные элементы рабочей программы, т. е. тех компонент Рабочей программы, которые являются общими для всего комплекта Рабочих программ, разрабатываемого образовательной организацией.

Рассмотрим более детально основные приемы и этапы работы с шаблонами при разработке Рабочих программ.

2. Приемы и этапы работы с шаблонами

Как было отмечено выше, в методической работе образовательной организации различают уникальные и типовые документы. Содержание одного уникального документа отличается от содержания другого. Типовые документы содержат изменяемую и неизменяемую часть. Неизменяемая часть повторяется в каждом документе данного вида. Например, в каждом бланке анкеты повторяются вопросы.

Работа по созданию типовых документов может быть значительно облегчена за счет использования шаблонов. Шаблон – это особый вид документа, содержащий неизменяемую часть и средства оформления изменяемой части. Шаблон определяет основную структуру документа: параметры страницы, форматирование и стили. С помощью шаблонов можно сэкономить немало времени.

Известны общие правила создания шаблона документа [4]:

1. Каждый объект документа должен находиться в том месте, где это необходимо по смыслу.
2. Каждый объект должен иметь размер, соответствующий своей смысловой нагрузке.
3. На всем протяжении документа должен соблюдаться определенный ритм чередования различных объектов.

Таким образом, шаблоном является файл, содержащий информацию о параметрах страниц документа, стилях, используемых в

документах, макросах и т. п., а также информацию бланкового характера, которая должна быть в создаваемом документе.

Для эффективной работы с текстовым редактором MS Word каждый документ основывается на шаблоне, который является моделью документа. Возможности шаблонов документов, созданных в текстовом редакторе MS Word:

– быстро и просто вносятся изменения в документ;
– разнообразие макетов документов;
– большой выбор средств оформления документа;
– автоматизация редактирования и форматирования;
– можно внедрять объекты из других прикладных программ;
– создание неограниченного числа копий документа.

Некоторые шаблоны не содержат текста, представляя пустой документ с некоторыми заданными параметрами форматирования, в который вводится текст. Другие шаблоны содержат текст и / или некоторые параметры форматирования. К примеру, если пишем много деловых писем, можно использовать шаблон, содержащий дату, обратный адрес и приветствие. При создании нового документа, основанного на этом шаблоне, все эти элементы автоматически войдут в него, и все, что нужно, – добавить остальные части письма. Если шаблон содержит заданные параметры форматирования, то все документы, основанные на нем, будут иметь унифицированный вид (например, один и тот же шрифт и размеры полей страницы).

В текстовом редакторе MS Word есть много заранее созданных шаблонов, готовых к использованию. Эти шаблоны соответствуют многим видам документов, таким как факс-страницы, служебные записки, деловые письма и Web-страницы. Также можно создать свои шаблоны.

Важным этапом при разработке Рабочей программы является создание структуры документа.

3. Создание структуры Рабочей программы

Текстовый редактор MS Word содержит набор средств, позволяющие формировать структурированные тексты. Иными словами, разбивать текст на уровни (например, на главы, параграфы и подпараграфы или разделы, подразделы, статьи).

Создание структуры средствами MS Word дает, например, такие возможности:

– Возможность быстрой навигации по тексту в режиме «Схема документа» (Вид>Схема документа);
– Создание обновляемого оглавления документа.

Для создания структуры документа следует для абзаца определить уровень в структуре документа. В MS Word существует 10 уровней текста – 9 уровней структуры и уровень основного текста. С каждым из этих уровней связан и определенный стиль. Например, стиль «Заголовок 1» соответствует уровню 1 в структуре документа, «Заголовок 2» – уровню 2, и так далее. Уровню основного текста соответствует стиль «Обычный».

Создать структуру текста возможно несколькими путями:

– структурирование документа в режиме структуры (Вид>Структура);
– использование стилей «Заголовок» соответствующего уровня (от 1 – 9);
– непосредственное определение для абзаца его уровня в структуре.

Независимо от того, какой способ будет выбран для структурирования текста, главное заключается в описанных ранее возможностях, которые дает такой подход к работе. Возможность визуального представления средствами MS Word структуры документа представлена на рис. 1.

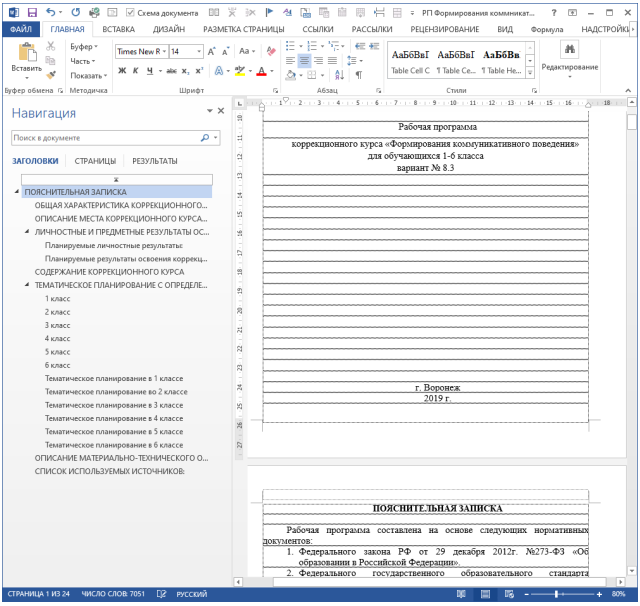


Рис. 1. Представление структуры Рабочей программы

Возможность быстрой навигации по блокам, используя «Схему документа» (Вид>Схема документа), представлена на рис. 2-3.

Для легкого и быстрого создания оглавления для Рабочей программы переходим на вкладку «Ссылки» и нажимаем «Оглавление» (находится слева). Там же можно настроить необходимое содержание с номерами страниц или без.

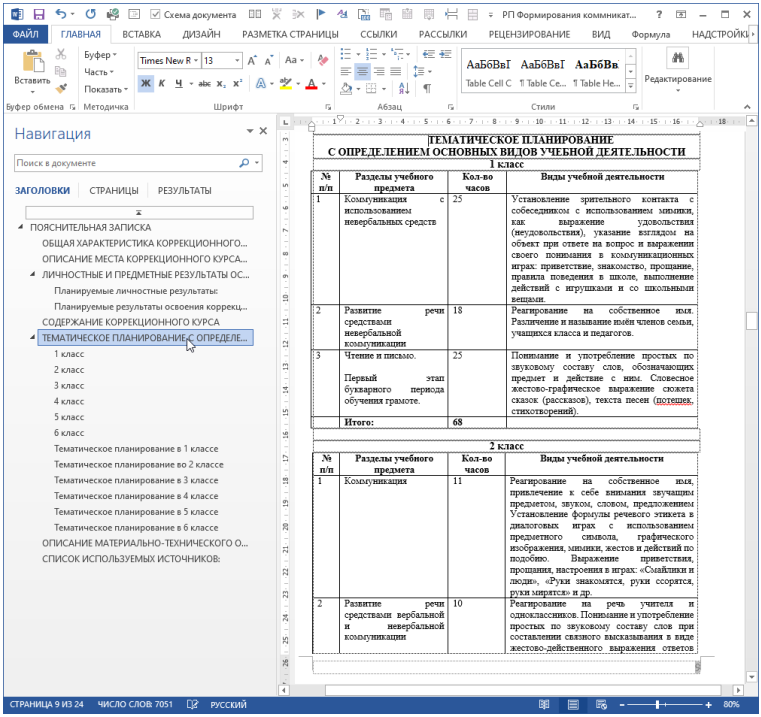


Рис. 2. Быстрый переход в подраздел «Тематическое планирование с определением...»

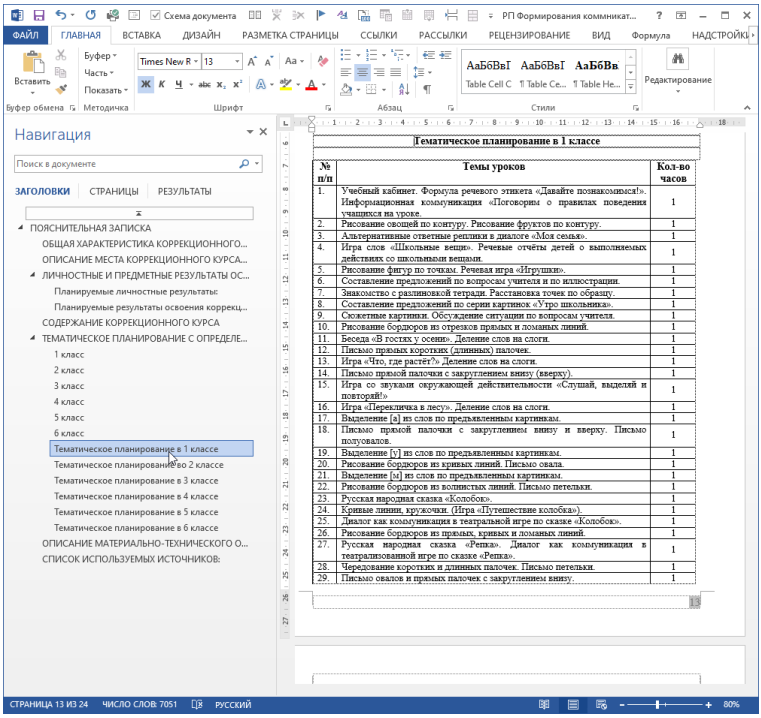


Рис. 3. Быстрый переход в подраздел «Тематическое планирование в 1 классе»

4. Работа со стилями

При работе с текстом удобно использовать стили оформления для быстрой настройки внешнего вида документа. Редактор MS Word предлагает для этого гибкий инструмент, который можно использовать в готовом варианте, а можно настроить под себя.

Выбирать и настраивать стили можно через ленточное меню «Главное» в области «Стили». Здесь можно выбрать заголовки различных уровней, варианты оформления обычного текста, списков, цитат и так далее. Любой из элементов можно дополнительно настроить и обновить, кликнув на название стиля правой клавишей мыши и из контекстного меню выбрать пункт «Обновить в соответствии с выделенным фрагментом».

После обновления все элементы текста, имевшие аналогичный стиль, также будут отредактированы. Если же нужно массово поменять один стиль оформления на другой, то можно в меню стилей кликнуть на

конкретное название правой клавишей мыши и выбрать пункт «Выделить все вхождения», после чего просто указать другой стиль из списка для автоматически выбранных элементов. Пример работы со стилями, определенных в шаблоне для оформления Рабочих программ, приведен на рис 4.

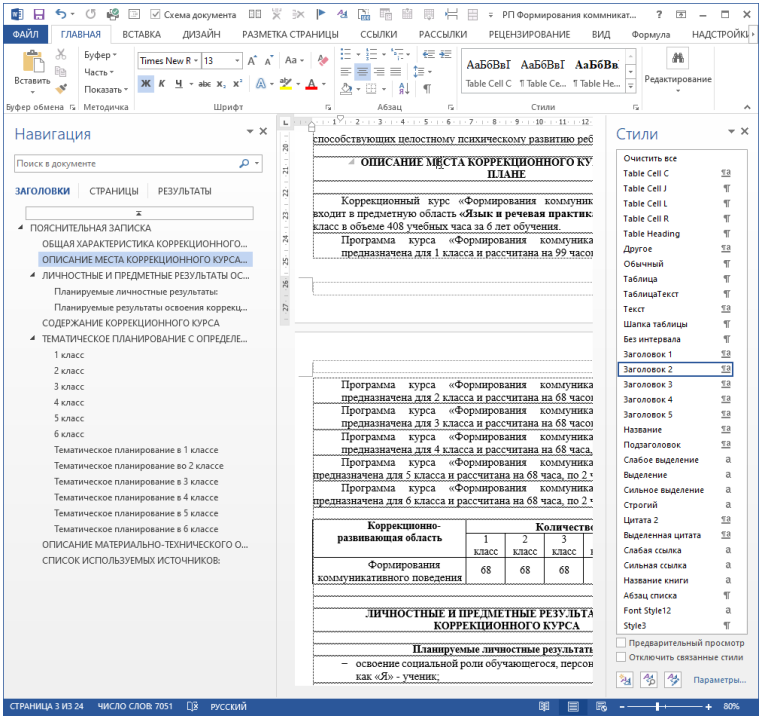


Рис. 4. Пример работы со стилями

Заключение

Таким образом, можно адаптировать любой шаблон под свои нужды, сохранив его в виде файла с расширением *.dotx, и в последующем использовать в своей деятельности.

Хочется надеется, что рассмотренные в статье приемы работы с текстовым редактором MS Word при разработке однотипных документов основанных на применении шаблонов оформления позволят многим педагогам облегчить их методическую работу.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации (ред. от 25.11.2013; с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2014) // Российская газета. – № 303. – 2012. – 31 декабря.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт образования обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями), утвержденный приказом Минобрнауки РФ от 19.12.2014 г. № 1599 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.edu.gov.ru/id853

3. Примерная адаптированная основная общеобразовательная программа образования обучающихся с умеренной, тяжелой и глубокой умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями), тяжелыми и множественными нарушениями развития (протокол от 22 декабря 2015 г. № 4/15) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fgosreestr.ru/wp-content/uploads/2016/08/Primernaya-adaptirovannaya-osnovnaya-obshheobrazovatelnaya-programma-obrazovaniya-obuchayushhihsya-s-umstvennoj-otstalostyu-intellektualnymi-narusheniyami.docx

4. Пташинский, В. С. Самоучитель Word 2013 / В. С. Пташинский. – М. : Эксмо, 2013. – 272 с. – (Компьютер на 100%).

Применение интерактивной доски на уроках в начальной школе

И. Н. Грищенко, email: grischenko71@yandex.ru
Г. М. Литвиненко, email: galina.litvinenk@yandex.ru

МКОУ «Каменская СОШ №1 с углублённым изучением отдельных предметов»

Аннотация. *В статье рассматриваются приёмы работы с интерактивной доской Promethean ActivBoard, позволяющие учителю делать уроки творческими и увлекательными.*

Ключевые слова: *интерактивная доска Promethean ActivBoard, приемы работы с интерактивной доской, инструментальные средства, инструменты.*

Введение

Эффективным и удобным инструментом для обучения младших школьников, который помогает педагогу проектировать урок в соответствии с требованиями ФГОС является интерактивная доска Promethean ActivBoard.

Использование интерактивной доски даёт возможность реализовать один из важнейших принципов обучения в начальной школе – наглядность. В младшем школьном возрасте преобладает наглядно-действенное и наглядно-образное мышление, а интерактивная доска, независимо от того, для каких целей, на каком этапе урока она применяется, является инструментом визуального представления данных. Благодаря размерам интерактивной доски изображения видны всему классу. Разнообразие цветов, доступных на интерактивной доске, позволяет выделять важные области и привлекать внимание к ним.

Интерактивная доска помогает увеличить темп и производительность урока, разнообразить задания, повысить интерес детей к предмету [1].

1. Возможности интерактивной доски Promethean ActivBoard

Интерактивная доска – это сенсорный экран, подсоединенный к компьютеру, изображение с которого передает на доску проектор.

Интерактивная доска работает одновременно как монитор компьютера и как обычная доска. Достаточно прикоснуться к

© Грищенко И. Н., Литвиненко Г. М., 2021

поверхности доски, чтобы управлять приложениями, запущенными на компьютере.

Использование интерактивной доски учителем на уроке имеет целый ряд преимуществ, так как помогает усилить заинтересованность учащихся в изучении предмета, повышает наглядность в подаче учебного материала, облегчает усвоение материала, подготовку к урокам – всё легко редактируется в режиме реального времени, подстраиваясь под конкретные задача или аудиторию. При использовании интерактивных средств тестирования учитель может за считанные минуты провести опрос и проверить знания всего класса.

Используя доску, можно открывать файлы, работать с Интернетом, писать поверх любых приложений, вебсайтов и видеоизображений с помощью специальных маркеров. Окончив работу, можно сохранить все записи для последующего использования.

2. Приёмы работы с интерактивной доской Promethean ActivBoard

Надо запустить программу ActivInspire (рис. 1). Появится окно (рис. 2). На панели управления выбрать нужное окно (рис. 3), откроется страница флипчарта (рис. 4).



Рис. 1. Начало работы

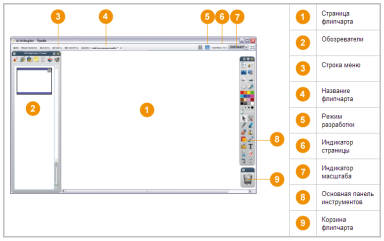


Рис. 2. Окно ActivInspire Studio

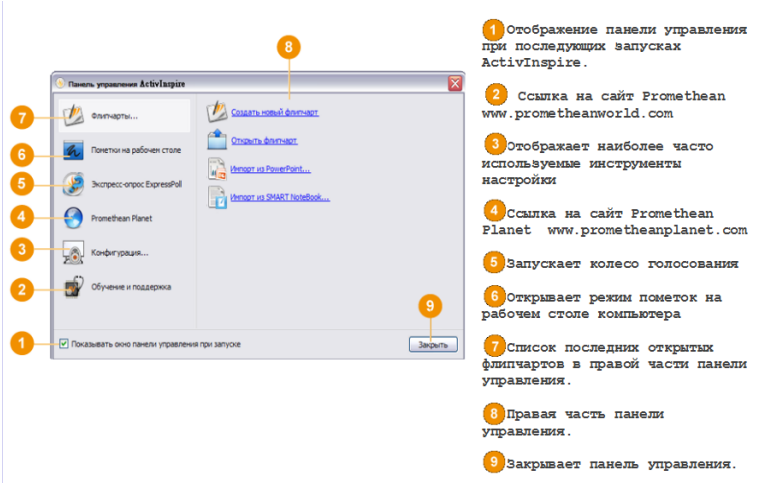


Рис. 3. Панель управления Activlnspire

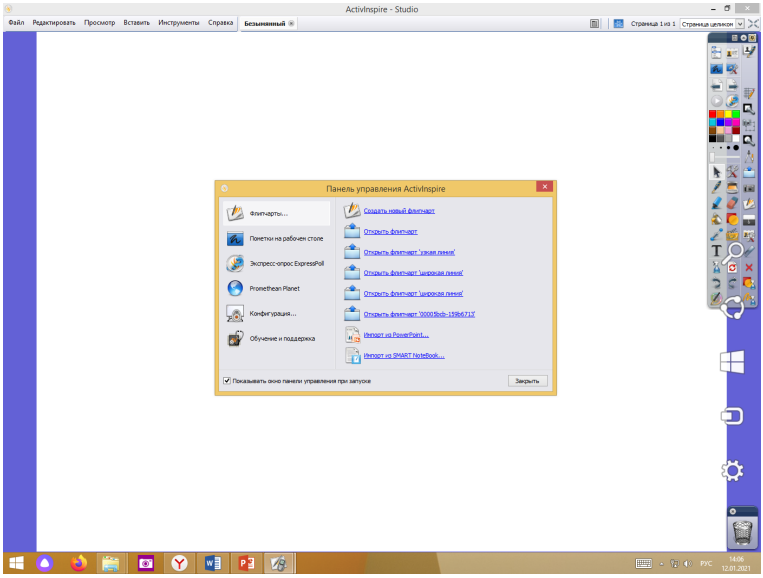


Рис. 4. Страница флипчарта

Флипчарт – это большое прямоугольное рабочее пространство в окне ActivInspire, на котором разрабатываются уроки.

Некоторые сведения о флипчартах:

При запуске ActivInspire открывается чистый флипчарт, готовый к вводу данных.

Флипчарты могут содержать разнообразные объекты, формы и интерактивные функции, включая звуки, анимацию и действия.

Одновременно можно работать с неограниченным количеством флипчартов.

Каждый флипчарт открывается в отдельной закладке окна ActivInspire.

Для быстрого перемещения между флипчартами достаточно щелкнуть на закладке с необходимым документом.

Флипчарт может содержать множество страниц и элементов, каждый со своим рядом характеристик и свойств.

Для упрощения работы с этими характеристиками и свойствами в ActivInspire имеется обозреватель (браузер) для каждой важной области, см. рис. 5.

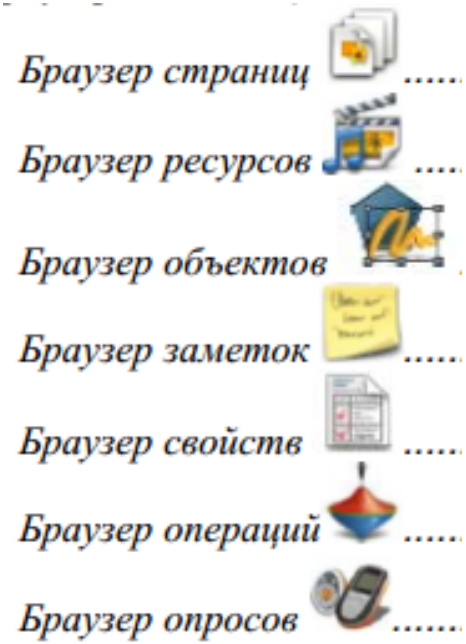


Рис. 5. Обозреватель (браузер) ActivInspire

Каждый обозреватель структурирован таким образом, чтобы представить четкую и детальную информацию об области просмотра; имеет собственное контекстное меню и/или набор значков, помогающих эффективно работать с флипчартом. Содержит огромный выбор игр и действий, пометок, оценок, фонов, схем, изображений, фигур, звуков и многое другое. Пример обозревателя показан на рис. 6.

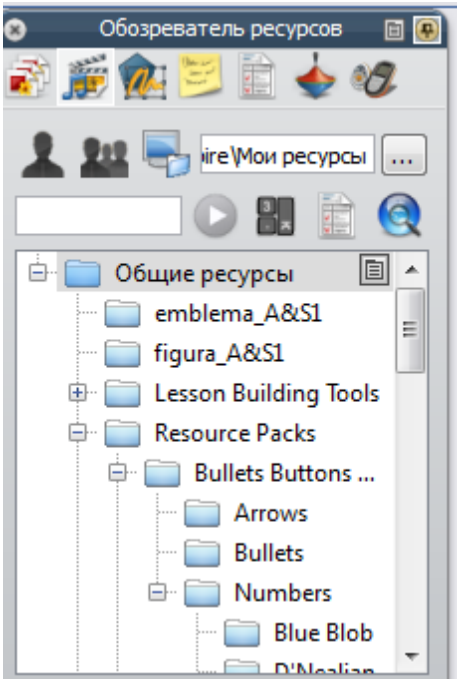


Рис. 6. Обозреватель ресурсов

Используем на уроке инструментальные средства интерактивной доски, такие как Шторка, Прожектор, Математические инструменты, Экранная клавиатура и т. д. В строке меню выбираем Инструменты, Дополнительные инструменты, см. рис. 7.

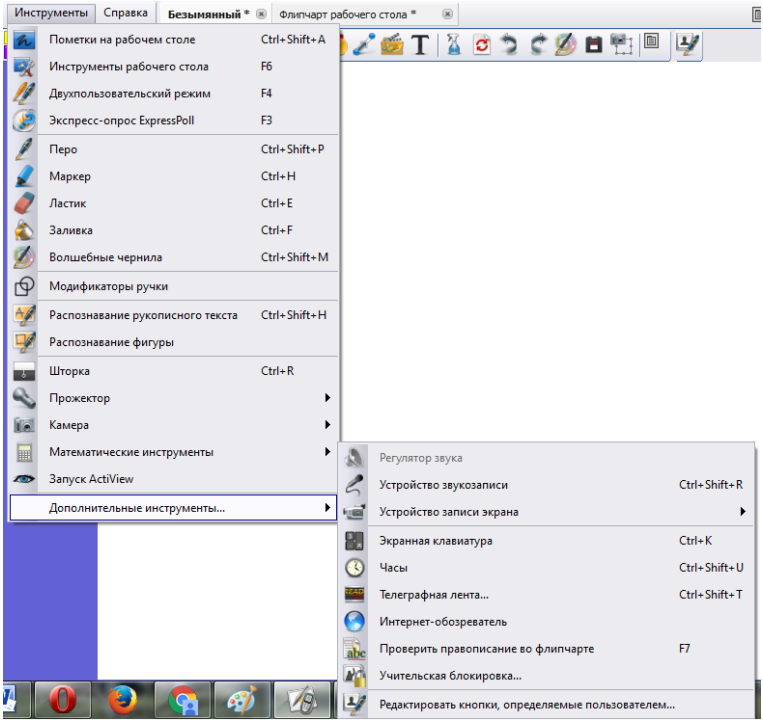


Рис. 7. Инструменты

Шторка (рис. 8) закрывает весь экран или его часть, как сверху вниз, так и справа налево. С помощью шторки можно дозировать вывод информации (текста, рисунков), скрыть правильные ответы.

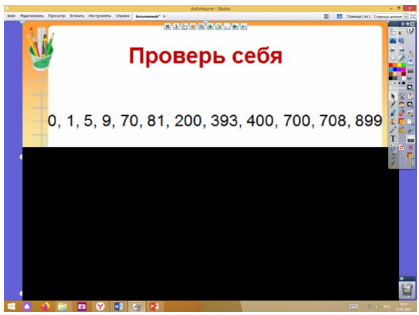


Рис. 8. Шторка

Прожектор, в отличие от шторки, показывает часть экрана (перемещаем прожектор, открывая различные части экрана).

Инструмент позволяет выборочно скрывать или показывать участки страницы флипчарта. Позволяет сфокусировать внимание:

– скрывая экран, оставляя видимой только область, высвеченную круглым или квадратным прожектором (рис. 9);

– закрывая круглую или прямоугольную область, оставляя экран без затемнения (рис. 10).

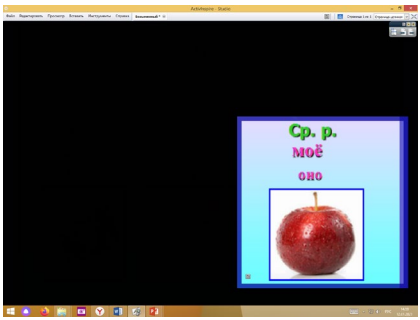


Рис. 9. Квадратный прожектор



Рис. 10. Однородный квадратный прожектор

С помощью математических инструментов (рис. 11) можно чертить окружности, отрезки, определять виды углов, выполнять вычисления.

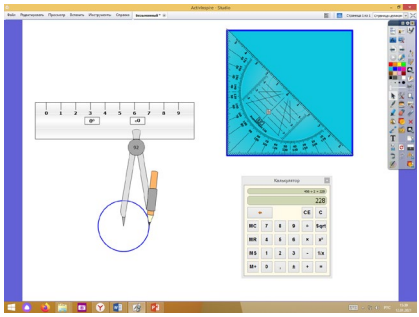


Рис. 11. Математические инструменты

Экранная клавиатура (рис. 12) позволяет делать записи на флипчарте.

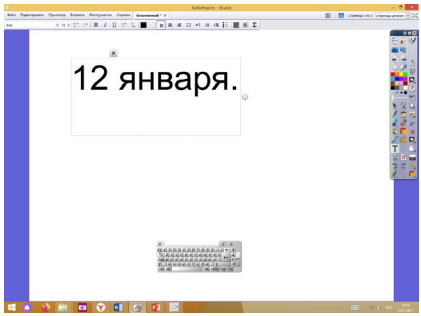


Рис. 12. Экранная клавиатура

При работе с интерактивной доской используем режим Пометки на рабочем столе на панели инструментов (рис. 13). Этот режим «убирает» рабочее поле программы ActivIspire и позволяет делать пометки на рабочем столе.

В этом режиме доступна панель инструментов, поэтому можем использовать все инструменты программы. Программа позволяет сохранить все пометки и примечания в отдельный файл.

Запускаем программу или открываем текстовый файл. В режиме «Пометки на рабочем столе» мы получаем возможность писать на соответствующем изображении (открытом окне запущенной программы). Затем сохраняем записи в файл (при необходимости).

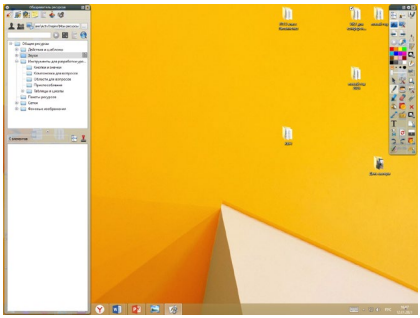


Рис. 13. Пометки на рабочем столе

Открываем файл с электронной версией рабочей тетради, учебника или задачника и т. п. Запускаем программу ActivIspire. Переходим в режим Пометки на рабочем столе. Выбираем инструмент Перо, пишем как на обычной доске (рис. 14).

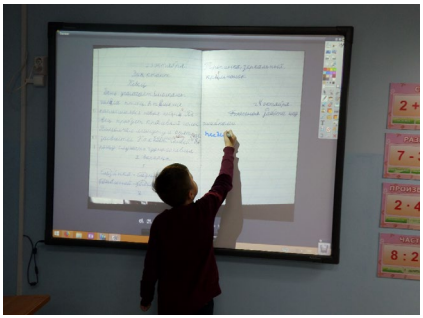


Рис. 14. Работа с инструментом «Пометки на рабочем столе»

Используем этот режим для демонстрации презентаций, созданных в программе PowerPoint, если необходимо делать записи или пометки на слайдах (инструменты Перо или Маркер). На слайдах могут быть представлены задания на соответствие, задачи, кроссворды и т. п.

Заключение

Применение интерактивной доски на уроке позволяет учителю сделать процесс обучения наиболее эффективным, оптимизирует взаимодействие учителя и учащегося, активизирует познавательную активность учащихся, способствует развитию творческого потенциала учителя.

Безусловно, применение интерактивной доски требует от учителя определённой подготовки, знаний и времени [2]. Но главное, что работа с этим «чудом» техники очень нравится детям.

Список литературы

1. Делайт 2000 каталог товаров: интерактивная доска в школе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.delight2000.com/for-education/whiteboards-in-school.

2. Горбунова, Л. И. Использование информационных технологий в процессе обучения / Л. И. Горбунова, Е. А. Александрова // Молодой учёный. – 2013. – №4. – С. 544–547.

Применение информационных технологий и средств мультимедиа в преподавании

Д. А. Денисовец, email: denis.denisovets@mail.ru
И. Н. Сидоренко, email: i.sidorenko@msu.by

Учреждение образования «Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова»

Аннотация. *В данной работе анализируются особенности информатизации системы образования; исследуются технологии и средства мультимедиа, используемые в современных системах обучения.*

Ключевые слова: *информационные технологии, мультимедийные технологии, интерактивность, система образования, компьютерные средства.*

Введение

Развитие современного общества на основе знаний и высокоэффективных технологий требует внесения коррективов в педагогическую теорию и практику, активизации поиска новых моделей образования, направленных на повышение уровня квалификации и профессиональных навыков учителей, удовлетворение потребностей общества в специалистах, способных к успешной адаптации и самореализации в информационном обществе.

Таким образом, основной задачей профессионального образования является реализация такой модели подготовки квалифицированного специалиста, которая в будущем позволит ему успешно конкурировать на рынке труда, эффективно реализовывать свои профессиональные навыки по полученной специальности с высокой творческой способностью [1].

Использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) открывает новые возможности в преподавании своего предмета, позволяет повысить эффективность обучения, интеллектуальный уровень обучаемых, привить навыки самообразования, самоорганизации и облегчить решение практических задач.

Использование компьютерных технологий позволяет сделать каждое занятие нестандартным, ярким, насыщенным, запоминающимся. Современный педагог занимается различными видами профессиональной деятельности: педагогической, воспитательной,

© Денисовец Д. А., Сидоренко И. Н., 2021

научной, методической, управленческой. Он имеет различные возможности использования компьютера или информационных технологий для получения, передачи, систематизации, обработки информации, а также для общения между коллегами, учениками, их родителями и т. д.

1. Использование ИКТ в образовании

Информатизация образования выдвигает требования соответствия профессиональной подготовки учителей. Поэтому одной из глобальных целей информатизации образования является подготовка учителей, готовых и способных применять новые информационные технологии в процессе обучения и управления образованием, активно участвующих в процессе информатизации образования.

Использование ИКТ в образовании позволяет не только по-новому взглянуть на педагогический процесс, но и предоставляет необходимый научно-методический аппарат для их анализа и обновления. Кроме того, ИКТ оказывают значительное влияние на содержание образования и управление педагогическим процессом (планирование, организация, мониторинг, прогнозирование и т. д.).

Традиционная подготовка специалистов, ориентированная на формирование знаний, умений и навыков в предметной области, все еще отстает от современных требований, поэтому формирование системы знаний, умений и навыков использования информационно-коммуникационных технологий в образовании является актуальной задачей, для выполнения которой необходимо иметь:

- умение обобщать, анализировать и воспринимать информацию;
- готовность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, обработки информации, готовность работать с компьютером как средством управления информацией;
- умение работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
- умение понимать сущность и важность информации в развитии современного информационного общества, понимать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности;
- умение разрабатывать современные педагогические технологии с учетом особенностей учебного процесса, задач воспитания и развития личности.

Профессия учителя становится более сложной, многогранной, но и более интересной с точки зрения раскрытия способностей и самореализации. Преподаватель должен разрабатывать и внедрять

новые педагогические технологии на основе стремительно развивающихся информационных и телекоммуникационных возможностей с учетом современных научных и производственных технологий, что требует глубоких знаний в области педагогики, психологии, информатики и др., овладение методиками научного знания, сформированного исследовательского типа мышления.

Создать успешно функционирующую и своевременную модель профессиональной подготовки будущего специалиста можно только на основе постоянного внедрения педагогических новшеств в практику образовательного процесса. Инновация в образовательной деятельности – это широкое использование, прежде всего, новых технологий обучения и организации учебного процесса в ВУЗе для получения результатов в виде образовательных услуг, отличающихся социальным и рыночным спросом.

В традиционной технологии обучения ведущая роль отводится средствам обучения: учитель не обучает студентов, а выполняет функции стимулирования и координации их деятельности, а также управленческую функцию средства обучения [2].

Педагогическое мастерство учителя заключается в подборе необходимого содержания, применении лучших методов и средств обучения в соответствии с программой и педагогическими задачами. Современный педагог в своей деятельности постоянно решает следующие задачи:

- использовать теоретические и практические знания для проектирования, реализации и методического обеспечения педагогического процесса;
- отбирать и анализировать информацию;
- самостоятельно или в соавторстве создавать на ее основе новую информацию;
- использовать информационные технологии в педагогическом процессе, в собственной исследовательской деятельности, при организации исследовательской деятельности студентов;
- разрабатывать учебно-методические комплексы с использованием информационных технологий;
- проводить экспериментальные работы и тому подобное.
- разрабатывать и реализовывать образовательные и обучающие программ разной направленности и разного уровня;
- использовать различные методы для оценки достижений учащихся и т. д.;

– использовать различные средства общения для общения с коллегами и студентами (электронная почта, социальные сети, Интернет, мультимедиа и т. д.);
– обобщение собственных достижений и проблем, поиск новых путей их решения;
– ориентироваться в социокультурной ситуации, используя ее возможности для обеспечения качества образования;
– нести ответственность за качество обучения и результаты деятельности студентов.

Новые требования общества к уровню образования и личностного развития уже привели к изменению технологии обучения. Сегодня инновационные технологии позволяют организовать учебный процесс с учетом профессиональной направленности обучения, а также ориентации личности студента на его интересы, склонности и способности. Среди них ведущее место принадлежит таким видам, как проблемное обучение, тестовые формы контроля знаний, блочно-модульное обучение, проектное обучение, кейс-метод, многоуровневое обучение.

В результате их реализации кардинально меняются функции как учителя, так и ученика.

Использование средств новых информационных технологий в качестве средства обучения представлено на рисунке.

На сегодняшней день не существует общей и целостной системы образования, позволяющей в полной мере разносторонне развивать личностные качества и интеллектуальные способности обучающихся. Однако использование средств мультимедиа при обучении может позволить:

– развитие межпредметных связей математики и информатики;
– формирование компьютерной грамотности;
– развитие самостоятельной работы учащихся на уроке.

Во многих учреждениях образования уже есть полноценные компьютерные классы, проекторы, интерактивные доски и прочее оборудование, которое необходимо для более успешного внедрения процесса информатизации обучения. Одним из инструментов, который довольно широко используются, является технология мультимедиа.

Мультимедиа – область компьютерных технологий, которая помогает преобразовывать различную (текстовую, графическую, звуковую) информацию с помощью компьютерных средств. Зачастую, правильное преобразование материала позволяет сделать информацию более наглядной, запоминающейся.

Проведение уроков с использованием мультимедийных ресурсов – это сильнейший стимул в обучении учащихся. Посредством таких уроков усиливаются психические процессы обучающихся: внимание, память, мышление; гораздо активнее и быстрее происходит возбуждение познавательного интереса.

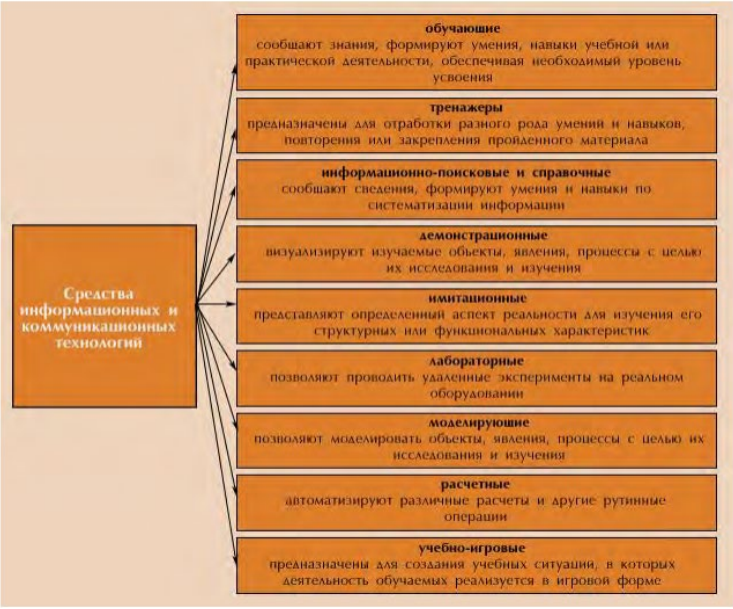


Рисунок. Средства новых информационных технологий

Благодаря использованию презентаций, преподаватель может хорошо структурировать материал. Современные приложения для создания презентаций поддерживают большое количество различного функционала: создание анимации по страницам, использование звуковых эффектов, вставка картинок, таблиц, форматирование текста, использование диаграмм. Немалым достоинством презентации является то, что её можно легко распространять и обучаемый всегда будет иметь хорошо структурированный материал, который всегда под рукой. Зачастую такой материал легче читается, чем рукописный текст, к нему легко получить доступ, а система поиска по содержимому помогает экономить уйму времени. Более того, если обучаемый заболел, то он всегда сможет просмотреть пройденный материал и не упустить необходимые знания [3].

Заключение

Использование ИКТ помогает повысить мотивацию к обучению, более глубокому и прочному усвоению материала, развитию самостоятельного мышления, способности рассуждать, самостоятельно добывать информацию.

Применение ИКТ не только оправданно, но и является целесообразным, так как позволяет активизировать деятельность учащихся, что, в свою очередь, влияет на качество образования, а разнообразие форм межличностного общения участников образовательного процесса позволяет добиться более высоких результатов в процессе обучения [4].

Список литературы

1. Абламейко, С. В. Современные информационные технологии в образовании / С. В. Абламейко, В. В. Казаченок, П. А. Мандрик // Информатизация образования – 2014: педагогические аспекты создания и функционирования виртуальной образовательной среды : материалы междунар. науч. конф., Минск, 22-25 окт. 2014 г. – Минск: БГУ, 2014. – С. 7–13.

2. Денисовец, Д. А. Информационно-образовательная среда как средство повышения эффективности образовательного процесса / Д. А. Денисовец // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе : материалы Международной научно-практической интернет-конференции, 22-26 апреля 2019 года, Московский педагогический государственный университет / Кафедра теории и методики обучения математике и информатике: под общей редакцией Л.Л. Босовой, Д.И. Павлова. – Москва: [Электронное издание] МПГУ, 2018. – С.573–578.

3. Баранова Н. А. Мультимедиа как предмет дидактического исследования / Н. А. Баранова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – №S3. – С. 16–20.

4. Казаченок, В. В. Информационные технологии как объект и средство современного образования / В. В. Казаченок // Народная асвета. – 2017. – № 9. – С. 3–7.

Использование информационных технологий в повышении эффективности обучения на учебных занятиях

В. В. Жабыко, email: denis.denisovets@mail.ru

Социально-гуманитарный колледж Учреждение образования
«Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова»

Аннотация. *В данной работе исследуются информационные технологии в повышении эффективности обучения на учебных занятиях, развитии творческих способностей студентов.*

Ключевые слова: *информационные технологии, интернет, интерактивность, система образования, компьютерные средства, компьютер, сеть.*

Введение

В настоящее время использование информационных технологий оказывает значительное влияние на содержание, формы и методы обучения и, следовательно, на качество образования.

В последние годы кардинально изменились роль и место персональных компьютеров и информационных технологий в обществе. Информационные технологии общества требуют полного и массового внедрения методов и инструментов для сбора, анализа, обработки, передачи, хранения больших объемов информации на основе компьютерных технологий и различных устройств передачи данных, включая телекоммуникационные сети.

Актуальность данной проблемы заключается в том, что информационные технологии характеризуются высокой коммуникативной способностью и активным вовлечением студентов в учебную деятельность, что эффективно развивает навыки коммуникативной компетентности студентов. Это будет способствовать адаптации к современным социальным условиям, ведь обществу нужны люди, быстро ориентирующиеся в современном мире, самостоятельно и инициативно, достигающие успеха в своей деятельности [1].

Современное обучение требует использования определенных технологий, обеспечивающих решение этой проблемы. А для развития информационного общества в Республике Беларусь необходимы грамотные, разносторонние преподаватели, которые могут мыслить и действовать самостоятельно, уверенно владеют современными

© Жабыко В. В., 2021

информационными и коммуникационными технологиями и легко адаптируются к быстро меняющимся информационным потокам.

1. Применение информационных технологий

Образовательные технологии, особенно компьютеры и связанные с ними периферийные устройства пронизывают все области нашей жизни.

С каждым годом цифровая связь становится все более важной для развития образования. С самого начала компьютерной эры исследователи и практики в области образования были уверены, что использование технологий будет широко распространено в школах и университетах, оно должно быть тесно связано с образованием. Несомненно, преподавание меняется во многих отношениях становится все более сложной работой из-за все большего количества противоречивых ожиданий.

Повышение эффективности современного урока предполагает использование мультимедийных технологий, которые обладают уникальной способностью увеличивать информационную плотность уроков, но требуют понимания дидактической специфики учебного материала.

Сегодня преподаватель должен обладать навыками взаимодействия со студентами на основе информационного взаимодействия, уметь осуществлять отбор, структурирование и оценку информации, необходимой для решения широкого круга учебных задач. Считается, что основная цель информации – повышение качества образования за счет повышения информационной культуры всех участников образовательного процесса и активного использования ИКТ.

Достижение этой цели может быть, в случае создания единого информационного пространства в университете, при условии создания условий для формирования информационной культуры студентов.

Внедрение инновационных образовательных технологий открывает широкие возможности для развития процесса дифференциации и индивидуализации образовательной деятельности. Результат применения инновационных образовательных технологий в меньшей степени зависит от квалификации учителя, но определяется совокупностью его составляющих [2].

Инновационные образовательные технологии связаны с повышением эффективности обучения и воспитания и нацелены на конечный результат образовательного процесса:

– подготовка высококвалифицированных специалистов, обладающих фундаментальными и прикладными знаниями;

– способность успешно осваивать новые профессиональные и управленческие области;

– гибко и динамично реагировать на изменяющиеся социальные и экономические условия;

– обладать высокими моральными и гражданскими качествами в условиях инновационного образовательного пространства.

Одной из важнейших проблем успешного внедрения инновационных технологий является дидактическая проблема – пробле¬ма методики обучения. В зависимости от ее решения находится сам процесс обучения, деятельность преподавателя и учеников, а, следовательно, и результат обучения.

Метод – это способ приблизиться к истине. Успех обучения зависит в основном от направленности и внутренней активности обучаемых, характера их деятельности, степени самостоятельности, проявления творческих способностей и должен служить важным критерием выбора метода. Какие бы методы обучения ни применялись для повышения эффективности профессионального обучения, важно создать такие психолого-педагогические условия, в которых учащийся может занять активную личностную позицию и в полной мере проявить себя как субъект учебной деятельности.

Дидактический принцип активности личности в обучении и профессионального самоопределения обуславливает необходимость системы требовать академической активности ученика и педагогической деятельности учителя в едином образовательном процессе.

Эта система включает внешние и внутренние факторы, потребности и мотивы. Соотношение этих характеристик определяет выбор содержания воспитания, конкретных форм и методов обучения, условий организации всего процесса формирования активной творческой личности. Не существует универсально эффективных или малоэффективных методов [3].

Все методы тренировок имеют свои сильные и слабые стороны, а потому в зависимости от целей, условий, наличия времени их следует оптимально комбинировать. Качества обучения можно достичь только в результате обеспечения эффективности каждого уровня обучения.

То есть весь процесс обучения построен по следующей схеме: воспринимать, осмысливать, запоминать, применять, проверять. Чтобы добиться качественного обучения, необходимо последовательно проходить все эти уровни познавательной деятельности. Использование в учебном процессе разнообразных форм и методов способствует повышению качества обучения. Основными формами и методами обучения, способствующими повышению качества обучения с использованием инновационных технологий, являются: игры, семинары, дебаты, диалоги, проблемное обучение, самостоятельная работа, защита

рефератов, индивидуальные работы, отчеты, тестирование, программный контроль, исследовательские работы и др.

Чтобы добиться эффективности от использования методов обучения, необходимо создать психологический портрет группы и выяснить, какие методы можно применять, а какие нельзя. Исходя из этого условно методы можно разделить на две группы: методы, не требующие специальной предварительной подготовки (проблемное обучение, выполнение действий по алгоритму) и методы, требующие специальной предварительной подготовки (самостоятельная подготовка, самостоятельная работа на уроке).

В настоящее время преподаватели сталкиваются с проблемой снижения уровня познавательной активности учащихся на уроке, нежеланием работать самостоятельно, да и просто учиться. Среди причин того, что студенты теряют интерес к занятиям, безусловно, надо назвать однообразие уроков. Отсутствие повседневного поиска приводит к шаблону в преподавании, а это проявление постоянства разрушает и убивает интерес [1].

Только творческий подход к построению занятия, его неповторимость, насыщенность многообразием приемов, методов и форм могут обеспечить эффективность. Существует много способов развития познавательной активности учащихся. Один из способов – это применение видеофильмов, мультимедиа технологий, интернет-технологий, которые дают возможность повысить степень активности учащихся в образовательном процессе.

Возможности мультимедиа технологий представлены на рисунке.

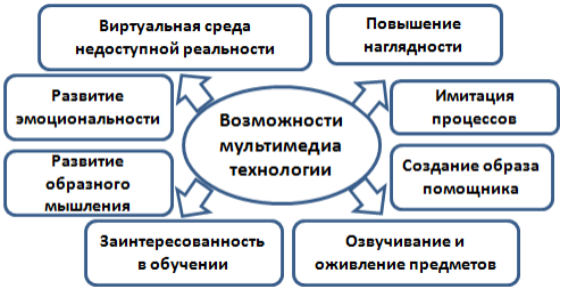


Рис. 1. Возможности мультимедиа технологий

Использование видеометода в учебном процессе обеспечивает возможность:

– дать учащимся более полную, достоверную информацию об изучаемых явлениях и процессах;

– повысить роль наглядности в учебном процессе;
– удовлетворить запросы, желания и интересы обучаемых;
– освободить преподавателя от части технической работы, связанной с контролем и коррекцией знаний;
– наладить эффективную обратную связь;
– организовать полный и систематический контроль, объективный учет успеваемости.

Заключение

В настоящее время мы можем констатировать, что информационные технологии уже достаточно давно проникли в нашу систему образования. Некоторые решения, вроде презентаций и интерактивных материалов уже закрепились в системе образования и успешно там используются на протяжении многих лет. Другие технологии, вроде виртуальной и дополнительной реальности, лишь начинают своё внедрение, по ним лишь начинают появляться необходимые специалисты, как и инструменты, которые нужны для создания необходимых материалов.

Отсюда следует, что в системе образования нужны специалисты, которые хорошо владеют компьютерными технологиями, имеют необходимые знания для того, чтобы создавать необходимые инструменты и материалы, помогающие упростить восприятие информации и сделать её более интересной и запоминающейся. Всё это позволит сделать образование более интересным и качественным.

Список литературы

1. Денисовец, Д. А. Повышение эффективности информационно-образовательной среды обучения математике посредством использования средств мультимедиа и интернет-технологий / Д. А. Денисовец // Математика и математическое образование : сборник трудов по материалам IX Международной научной конференции «Математика. Образование. Культура», 24-26 апреля 2019 года, Тольяттинский государственный университет / под общей редакцией Р. А. Утеевой. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019. – С.319–322.
2. 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.
3. Казаченок, В. В. Информационные технологии как объект и средство современного образования / В. В. Казаченок // Народная асвета. – 2017. – № 9. – С. 3–7.

Модель вузовской интеграции направлений образовательной робототехники

С. А. Зайцева, email: Z_A_S_@rambler.ru
В. С. Киселев, email: vkiselev2@gmail.com
А. Ф. Зубаков, email: shurikguardian@gmail.com

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

Аннотация. *В исследовании рассматриваются три категории робототехники (развивающая, школьная, образовательная), а также возможности их системной интеграции на базе педагогических вузов.*

Ключевые слова: *вуз, школа, студент, учитель, робототехника, дополнительное образование.*

Введение

Робототехника представляет большой интерес для системы образования на разных ее уровнях: дошкольное образование, начальная школа, средняя школа и вуз. В реалиях современного общества всё более востребованы специалисты в области робототехники. Для удовлетворения данной потребности необходимо осуществлять подготовку педагогических кадров, которые будут способны к интеграции современных технологий в образовательные процессы школы, ориентировать обучающихся на выбор профессии, связанной с робототехникой.

1. Модель вузовской интеграции направлений образовательной робототехники

В современном мире робототехника является одной из перспективных и инновационных областей знаний. Помимо неограниченной применимости в реальных отраслях экономики, она представляет большой интерес для системы образования на разных уровнях обучения (дошкольное образование, начальная школа, средняя школа и вуз). Социальная востребованность и высокий научный интерес к данной отрасли знаний зафиксирован так же в национальном проекте «Образование» [1].

В настоящее время существует множество решений для организации групповых и индивидуальных занятий по робототехнике для детей и взрослых:

© Зайцева С. А., Киселев В. С., Зубаков А. Ф., 2021

– конструкторы (Lego Education Mindstorms EV3, LEGO WeDo, mBot, Abilix Krypton Brick, Arduino и др.);
– онлайн–сервисы и системы для программирования (Scratch и др.);
– дистанционные учебные курсы на образовательных платформах (Stepik, Интуит, Geekbrains и др.)

Исходя из возраста и уровня образования обучающихся, предметной ориентации, направленности знаний и специфики будущей профессии можно классифицировать курсы робототехники по представленным ниже категориям.

1. Развивающая робототехника – для детей дошкольного возраста и учащихся начальных классов. На данном этапе конструируются простейшие механизмы, благодаря чему развивается моторика, фантазия и воображение обучающихся; осуществляется пропедевтика обучения их прототипированию, алгоритмизации и программированию;

2. Школьная робототехника – для обучающихся 5-11 классов. В зависимости от выбранного конструктора, базовой подготовки и интересов обучающихся, на данном этапе конструируются сложные механизмы, изучаются технологии программирования и решаются задачи различного содержания, связанные с нахождением способа автоматизации того или иного процесса;

3. Образовательная робототехника – освоение возможностей базовых наборов робототехники и методики обучения робототехнике школьников. Образовательную робототехнику целесообразно рассматривать в качестве направления дополнительной профессиональной подготовки студентов педагогических колледжей и вузов, воспитателей детских садов, учителей школ, преподавателей вузов, педагогов дополнительного образования.

4. Академическая робототехника – для обучающихся технических колледжей и вузов, предполагает изучение промышленной, военной и других видов робототехники и принципов их разработки и применения.

Наше исследование затрагивает рассмотрение первых трех категорий робототехники в системе дошкольного, школьного и педагогического образования, а также возможности их системной интеграции на базе педагогических вузов.

Робототехника является прикладной интегративной отраслью знаний и представляет собой некий синтез образовательных предметов физики, математики, информатики и технологии и, основываясь на идеях алгоритмизации и программирования, позволяет получать целостное восприятие многих сложных систем, в том числе информационных. У обучающихся, благодаря занятиям на курсах

робототехники, появляется возможность интеграции предметных знаний, приобретенных в общеобразовательном учреждении, и развития креативности и системности мышления.

На базе Шуйского филиала ИвГУ реализуется несколько проектов, связанных с первыми тремя категориями освоения робототехники: «Развивающая робототехника», «Школьная робототехника» и «Образовательная робототехника». На каждом этапе освоения робототехники участниками образовательного процесса и вузом реализуются определенные цели, которые структурно представлены на рисунке 1.

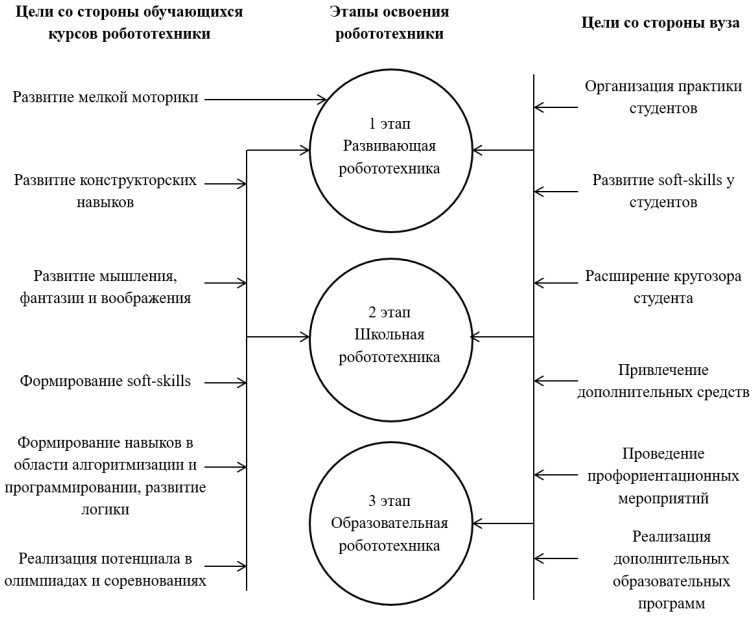


Рис. 1. Целевые ориентиры освоения робототехники

«Развивающая робототехника» реализуется на базе центра досуга и развития детей «Дети в университете», его участниками являются дошкольники и обучающиеся начальных классов. Педагогический состав центра состоит из студентов – будущих учителей русского языка, математики, информатики и других предметов. Педагоги центра, помимо других учебных и развивающих занятий, реализуют обучение детей основам робототехники. При проведении таких занятий у будущих учителей формируются профессиональные навыки

организации занятий по дополнительному образованию и развиваются особенно востребованные в педагогической деятельности гибкие навыки Soft-skills.

Занятия по робототехнике с дошкольниками и младшими школьниками ориентированы на всестороннее развитие детей, подразделяются на несколько групп, каждая из которых направлена на определенный результат.

Первую группу занятий организуют студенты – будущие воспитатели и учителя начальных классов. Они реализуют задания, нацеленные на развитие мышления, фантазии и воображения, что в результате позволяет раскрыть творческий потенциал детей.

Вторая группа занятий нацелена на формирование технических навыков у обучающихся, а именно рационального использования ресурсов для разработки конструкции и правильного построение своего робота. На данных занятиях у обучающихся развивается мелкая моторика и формируются конструкторские навыки. Для будущих учителей технологии организация такого вида занятий способствует формированию методических умений в преподавании профильных дисциплины.

Третья группа занятий направлена на формирование умений работать с компьютером, программировать созданного робота. Данный вид деятельности позволяет сформировать у обучающихся знания в области алгоритмизации и программирования, развивает их логику, что имеет положительный эффект в дальнейшем освоении ими математики и информатики в средней школе. Организацией данных занятий занимаются будущие учителя математики и информатики, что позволяет им в процессе преподавания совершенствовать свои педагогические и методические способности.

Такой подход к распределению сфер деятельности между студентами в организации кружка «Развивающая робототехника» дает возможность оптимизировать образовательный процесс вуза и способствует более эффективному развитию профессиональных компетенций у будущих учителей [2].

«Школьная робототехника» на базе Шуйского филиала ИвГУ – площадка, где реализуются занятия по робототехнике как с обучающимися школ, так и со студентами непрофильных направлений подготовки. Образовательный и развивающий эффект данной площадки во многом определяется неформальным подходом к организации взаимодействия обучающихся, основанном на сотрудничестве, взаимопомощи с элементами соревнования. Методической основой занятий является разработка и презентация обучающимися проектов.

Многие проекты создаются при тесном сотрудничестве студентов и школьников.

«Образовательная робототехника» – программа дополнительного профессионального образования для студентов и педагогов. В рамках данной программы педагоги получают возможность освоить методику организации занятий со школьниками по робототехнике. Наиболее востребованы и значимы знания по образовательной робототехнике для учителей информатики. Это дополнительное образование предоставляет им возможностью визуализации эффектов алгоритмизации и программирования при помощи конструкторов и добиться значительного образовательного эффекта в обучении информатике в школе.

В соответствии с учебным планом подготовки бакалавров по образовательной программе «Математика; Информатика» направления 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями)», реализуемой в Шуйском филиале ИвГУ, будущие учителя информатики осваивают дисциплину «Основы робототехники». Однако, данная дисциплина носит технологический, а не методический характер подготовки и студенты на этой дисциплине осваивают лишь азы робототехники с позиции ее интеграции с предметной областью «математика и информатика». Поэтому вуз всячески способствует популяризации среди студентов дополнительного образования «Образовательная робототехника», которое нацелено на подготовку выпускников к преподаванию развивающей или школьной робототехники в дополнительном образовании и на элективных курсах. Успешному изучению дисциплин, связанных с робототехникой, способствуют следующие предметы учебного плана: «Информационные технологии», «Информационные технологии в образовании», «Информатика», «Программное обеспечение современных персональных компьютеров», «Основы программирования» и др. На основании анализа учебного плана и рабочих программ дисциплин можно сделать вывод о том, что предметы образовательной программы «Математика; Информатика» формируют необходимую базу для полноценного освоения студентами дополнительного образования «Образовательная робототехника».

В процессе получения дополнительного образования студенты проходят практику в качестве педагогов на курсах «Школьная робототехника», привлекаются к организации внутренних кафедральных олимпиад по робототехнике и программированию, помогают в подготовке школьников к профильным олимпиадам различного уровня. У будущих учителей математики и информатики

появляется возможность поиска и апробации инновационных методик изучения алгоритмизации и программирования. Для того чтобы сконструированный робот начал выполнять команды, необходимо написать для него логически правильную программу, проверить ее и выполнить необходимую оптимизацию.

В 2021 на базе Шуйского филиала ИвГУ, при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Правительства Ивановской области, создана мобильная лаборатория робототехники «РОБОВЕКТОР». Данный проект направлен на создание условий доступности курсов робототехники для обучающихся малокомплектных и удалённых сельских школ, а также на предоставление возможности получения профессиональной переподготовки учителям данных школ. В проекте участвуют преподаватели вуза, аспиранты, студенты-волонтеры. Волонтёры выбираются из числа будущих учителей информатики, технологии, педагогов дошкольного, дополнительного или начального образования. В современных реалиях каждую из этих сфер затрагивает робототехника. В данном проекте студенты-волонтеры получат педагогический опыт в организации мастер-классов и профориентационных мероприятий в школах области.

В связи с современной эпидемиологической обстановкой возникла потребность в переводе части курсов дополнительного образования в дистанционный формат, а очная деятельность большинства центров дополнительного образования была временно приостановлена. В Шуйском филиале ИвГУ используется система дистанционного образования в рамках единой электронной информационно-образовательной среды. Она позволяет проводить большинство занятий с обучающимися в удаленном режиме. В процессе освоения курса, обучающиеся знакомятся с предметом робототехника, видами наборов для проведения занятий, практические занятия проводятся с использованием виртуальных лабораторий робототехники.

Для поддержки смешанного и дистанционного форматов обучения робототехнике нами использовались ресурсы образовательных платформах Stepik, Лекториум, Coursera, «Открытое образование», Moodle, GeekBrains [3]. На онлайн–платформе «Лекториум» размещен курс по основам робототехники разработанный центром робототехники Президентского физико-математического лицея №239, данный курс нацелен на помощь учителям в составлении учебной программы предмета. Для учителей робототехники, которые предполагают реализовывать свою деятельность на базе конструктора Arduino, мы рекомендуем онлайн–курс, размещенный на платформе Coursera –

«Строим роботов и другие устройства на Arduino. От светофора до 3D-принтера». Осваивать основы программированием для дальнейшей реализации в робототехнике мы рекомендуем в среде программирования Scratch. Преимуществом среды является то, что программирование имеет блочную структуру, за каждым блоком закреплено определенное действие. С помощью обширного инструментария среды, помимо программ, можно создавать интерактивные мультфильмы, игры и др., что существенно разнообразит учебные задания.

Заключение

Из всего вышесказанного можно заключить, что робототехника в современном мире играет важную роль во всех сферах нашей жизни, в том числе и в образовании. Для обучающегося школы – это возможность всесторонне развиваться, находить решения сложных задач в увлекательной игровой форме, получать знания из межпредметных областей, для учителя это возможность оптимизации образовательного процесса за счет инновационных методов преподавания.

Студенты, участвуя в качестве слушателей на курсах дополнительного образования «Образовательная робототехника» и, в дальнейшем, обучая школьников основам робототехники в центре досуга «Дети в университете», на курсах «Школьная робототехника» и реализуя, в качестве волонтера, проект «Робовектор», расширяют свои возможности дальнейшего трудоустройства, приобретают системный взгляд на педагогический процесс и готовность к реализации межпредметных связей и формированию у обучающихся межпредметных универсальных учебных действий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта № 20-413-370001.

Список литературы

1. Минпросвещения России. Официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://edu.gov.ru/national-project

2. Киселев, В. С. К вопросу о понятии «готовность к педагогической деятельности» бакалавров педагогического направления подготовки / В. С. Киселев, А. А. Червова, С. А. Зайцева // Школа будущего. – 2020. – № 3 – С. 260-271.

3. Зубаков, А. Ф. Возможности массовых онлайн курсов в обучении программированию студентов вузов [Электронный ресурс] // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – 2018. – Режим доступа : https://scienceforum.ru/2018/article/2018005834

Школьный курс информатики – основа формирования компетенций, необходимых для освоения учебного материала при реализации образовательных технологий в дистанционном формате

А. Н. Ивлев, email: alexivlev@rambler.ru [1]
О. В. Терновская, email: olgaternovskay@yandex.ru [1, 2]
Е. Ю. Терновская, email: j-catherina@mail.ru [1]
А. В. Павлов, email: olgatern2015@yandex.ru [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Воронежский учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж

Аннотация. *В работе рассматриваются вопросы, связанные с реализацией дистанционных образовательных технологий, определена структура SMART системы необходимой для реализации образовательных технологий в дистанционном формате, а также компетенции, которые должны быть сформированы после изучения школьного курса информатики.*

Ключевые слова: *Образовательные технологии, SMART система, информатика, компетенции.*

Введение

Развитие информационных ресурсов первой четверти XXI века позволяет осуществлять реализацию образовательных технологий в дистанционной формате. В период самоизоляции необходимость реализации дистанционного формата оказания образовательных услуг очевидна.

Следует отметить, что дистанционный формат оказания образовательных услуг имеет ряд преимуществ:

- Доступность образовательного контента из любой точки мира, оснащенной техническими средствами, имеющими доступ к сети «Internet».
- Доступность образовательного контента, независимо от времени суток.
- Возможность контроля знаний, путем прохождения тестирования в режиме самопроверки или в режиме аттестации.

© Илев А. Н., Терновская О. В., Терновская Е. Ю., Павлов А. В., 2021

– Возможность общения с преподавателем по системе конференц-связи.
– Возможность анализа собственной успеваемости студента, путем доступа к статистическим данным, формируемым по результатам тестирования.
– Возможность анализа преподавателем успеваемости группы, путем доступа к статистическим данным, формируемым по результатам тестирования.
– Наличие статистики позволяет провести коррекцию той части образовательного контента, которая наиболее трудно воспринимается студентами.
– Преподаватель освобождается от рутинной работы, связанной с распределением вариантов заданий для выполнения практических заданий, т. к. задания являются частью образовательного контента, а закрепление вариантов за конкретным студентом осуществляется системой на основе разработанных алгоритмов с последующим отражением в личном кабинете студента и преподавателя.

1. Принципы реализации образовательных технологий в дистанционном формате

Учебный процесс в дистанционном формате изначально строится на отсутствии непосредственного контакта студента и преподавателя и осуществляется с использованием современных цифровых устройств, которыми оснащено автоматизированное рабочее место, как студента, так и преподавателя.

На рисунке представлена схема взаимодействия студента и преподавателя при реализации образовательных технологий в дистанционном формате.

В представленной схеме средством взаимодействия студента с преподавателем служит персональный компьютер, сопряженный с переферийными устройствами.

В сегодняшних условиях персональный компьютер может быть заменен на ноутбук, планшет или смартфон, а набор переферийных устройств может меняться. Круг задач персонального компьютера в учебном процессе, реализуемом в дистанционном формате достаточно широк – это не только обеспечение взаимосвязи студент–преподаватель, но и подготовка документации.

Центральное место при реализации учебного процесса в дистанционном формате занимает SMART система, являющаяся совокупностью нескольких подсистем, функционирующих на базе цифровой

техники, структура такой SMART системы представлена в работах [1, 2]. К подсистемам SMART системы относятся:

- система предоставления методической информации;
- автоматизированная система выдачи заданий;
- автоматизированная система контроля знаний студентов;
- система анализа успеваемости студентов.

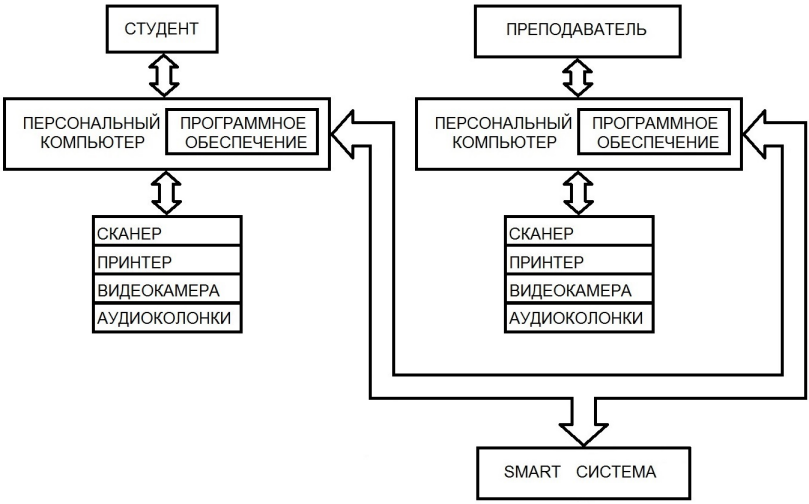


Рисунок. Взаимодействие студента и преподавателя при реализации образовательных технологий в дистанционном формате

По сравнению с известной SMART системой [1, 2], SMART система, применяемая при реализации учебного процесса в дистанционной формате, должна быть дополнена возможностью получения и хранения в электронном виде заданий, выполняемых студентами в рамках практических занятий и предоставляемых для проверки преподавателю. Необходимо добавить подсистему хранения образовательного следа, который формируется студентом в процессе освоения им образовательной программы.

2. Компетенции формируемые при изучения школьного курса информатики

Реализация образовательных технологий в дистанционном формате осуществляется как для студентов старших, так и младших курсов. Первокурсники должны владеть компетенциями, позволяющими им

создавать, редактировать документы в электронной форме. Они также должны уметь преобразовывать документы, созданные на бумажном носителе информации, в электронные, с последующей отправкой документа по электронным каналам связи.

Такие умения должны формироваться при получении будущим абитуриентом основного общего и среднего общего образования при изучении курса информатики.

На основе школьного курса информатики для успешного освоения образовательной программы в дистанционном формате будущий первокурсник должен обладать следующими навыками:

- работа с текстовыми редакторами;
- работа с графическими редакторами;
- работа с программами символьной математики [3];
- работа с электронными таблицами;
- работа с поисковыми системами и почтовыми программами.

Следует также отметить необходимость формирования умения быстрой ориентации и освоения пользовательского интерфейса ранее неизвестного программного средства. Это необходимо, поскольку образовательные организации для предоставления образовательных услуг в дистанционном формате используют различные программные средства.

Для успешного освоения образовательной программы высшего образования, реализуемого в дистанционной форме, будущий абитуриент должен успешно освоить школьный курс информатики и владеть компетенциями, позволяющими ему работать в удаленном режиме. Однако в настоящее время приходится констатировать, что первокурсники не умеют корректно работать с электронной почтой. Они не умеют создавать почтовые документы с вложенными файлами и пересылать их по электронной почте. К сожалению, это не единичные случаи, такое встречается повсеместно. Из учебной группы в 28 человек корректно сформулировать вопрос в электронном письме, прикрепить к нему документ и грамотно обозначить тему письма могут лишь 5-6 человек. Наличие у нынешних студентов современных электронных устройств не способствует привитию им навыков делового общения, которые должны прививаться будущим студентам в школьном курсе информатики.

Заключение

Трудно переоценить значение контактной формы обучения для формирования компетентного в своей области специалиста, однако современные условия, связанные с необходимостью самоизоляции требуют реализации образовательных технологий в дистанционном

режиме. О достоинствах подобного подхода передачи знаний было сказано выше.

Качество предоставления образовательных услуг в таком формате напрямую зависит от уровня развития телекоммуникационных средств связи, возможности повсеместного доступа обучающего и обучаемого (преподавателя и студента) к сети «Internet», оснащенности автоматизированного рабочего места преподавателя и студента современным оборудованием и программными средствами.

Однако уделяя повышенное внимание технической стороне дистанционных образовательных технологий, не следует забывать об умениях студента, особенно первокурсника, получать информацию, передаваемую по электронным каналам связи, а также формировать и отправлять электронный документ, содержащий информацию об выполненных заданиях. Успешная реализация дистанционных технологий обучения сегодня – это применение компетенций, сформированных при изучении школьного курса информатики. К ним следует отнести навыки работы с современными цифровыми устройствами и делового общения, знания о современных продуктах и умения использовать современные программные средства позволяющие создать и редактировать текстовый или графический документ, выполнять математические вычисления, осуществлять поиск, хранение и обработку информации.

Список литературы

1. Ивлев, А. Н. Концепция SMART системы графического образования / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XIX Международной научно-методической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Воронежский государственный университет ; [под редакцией к.т.н. Д. Н. Борисова]. – Воронеж : Вэлборн, 2019. – 2169 с. – С. 1996–2000.

2. Ивлев, А. Н. Методическая составляющая SMART системы графического образования / А. Н. Ивлев, О. В. Терновская // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XX международной научно-методической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Воронежский государственный университет ; [под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова]. – Воронеж : Вэлборн, 2020. – 2305 с. – С. 2111–2115.

3. Татарников О. Обзор программ для символьной математики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://compress.ru/article.aspx?id=16152

Проблемы информационных технологий в образовательном процессе ВУЗов

С. Р. Каберов, email: sanek11.91@inbox.ru

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

Аннотация. *В данной статье излагаются педагогические и технологические основы проектирования и построения адаптивной автоматизированной обучающей системы, ориентированные на реализацию целей обучения и воспитания.*

Ключевые слова: *образование, педагогические, информационные технологии, обучающие системы, модель обучения, методическая система.*

Введение

Стремительное развитие компьютерных технологий, их внедрение в повседневную жизнь, в том числе и в образовательную сферу, становятся предметом все более пристального внимания. Всё большая роль отводится методам активного познания, самообразованию, дистанционным образовательным программам. Причиной изменения текущей парадигмы образования, в первую очередь, является проникновение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) во все сферы деятельности человека. Поэтому требуются такие технологии обучения, которые позволят обучающимся не только овладеть специальностью, но и раскрыть, реализовать свой творческий потенциал. В связи с этим для вузов становится актуальной проблема организации адаптивной технологии обучения [1].

Многочисленные исследования в области применения и использования ИКТ в образовательном процессе убедительно показывают, что наиболее эффективный путь к достижению указанной цели – интенсивное использование ИКТ в образовательном процессе. При решении задачи внедрения ИКТ в образовательный процесс на первый план выходит используемая для организации образовательного процесса автоматизированная обучающая система.

Исследование походов к созданию автоматизированных обучающих систем дает основание сделать вывод, что они совершенствуются, главным образом, в направлении развития методов и форм представления информации [1].

© Каберов С. Р., 2021

1. Задачи информационных технологий в обеспечении обучения

По аналогии ИКТ целесообразно рассматривать с позиций широкого использования в образовательном процессе высшей школы информационных средств и информационной продукции учебного назначения, а также современных технологий обучения.

В качестве методологической основы ИКТ 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 ИКТ 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.

Рассмотрим, какое место занимает технология обучения в структуре информатизации, в чем проявляются особенности ее использования [3].

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, ИКТ 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. ИКТ 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 обеспечения учебного процесса будет правомерно рассматривать ИКТ в обучении 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. Современная концепция использования названных составляющих, позволяет педагогу организовать адаптивное информационное взаимодействие с обучающимися с целью гарантированного достижения обучения и воспитания.

Список литературы

1. Федюнин, М. Л. Педагогические технологии в автоматизированной системе управления образовательным процессом кафедры военно-учебного учреждения: теория развития и методология проектирования : Монография / М. Л. Федюнин. – Воронеж : ВАИУ, 2008.

2. Архангельский, С. И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы / С. И. Архангельский. – М. : Высш. школа, 1980.

3. Беспалько, В. П. Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1989.

Реализация технологии «Перевёрнутый класс» с помощью электронной образовательной среды

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. *В эпоху компьютерных технологий образовательные учреждения перестали быть хранителями информации, а учителя – единственными источниками знаний. Множество сервисов стали доступны в Интернете всем желающим, и каждый, кто имеет выход в сеть, в удобное для него время может получить качественный контент. Каждый учитель хотя бы раз задумывался о выборе уже созданной электронной образовательной среды для интерактивного развития обучающихся или самостоятельно создавал электронные версии учебных материалов. В настоящее время существует много электронных ресурсов, которые можно использовать для самостоятельного освоения материала учениками с использованием технологии «Перевёрнутый класс». В данной статье пойдет речь о такой модели смешанного обучения как «Перевёрнутый класс», реализация которой возможна при подборе качественного электронного образовательного контента.*

Ключевые слова: *интернет-ресурсы, технология смешанного обучения, модель «Перевёрнутый класс», электронный контент.*

Введение

Смешанное обучение – это такой метод обучения, который включает в себя сочетание традиционной классно-урочной системы обучения и технологий электронного обучения.

Смешанное обучение даёт возможность решить проблемы в сторону персонализации образования [1].

Принцип: учить не всех, а каждого – нет пропущенных тем, отстающих, скучающих учеников.

Почему выбрана именно эта технология «Перевёрнутый класс»?

Во-первых, снижающаяся мотивация к обучению у учащихся; во-вторых, недостаточность тех средств обучения, которых прежде вполне

© Копалиани Л. Н., 2021

хватало; в-третьих, низкая эффективность унифицированного подхода ко всем учащимся; в-четвёрых, неумение учащихся определять цели и достигать их; в-пятых, конечно же желание соответствовать требованиям современного мира.

Эту технологию можно использовать при обычном традиционном обучении, а также она актуальна и при дистанционном обучении. Основным отличием смешанного обучения: каждый ученик выбирает сам себе материал для изучения, а также уровень изучения (базовый, повышенный, высокий), который соответствует его интересам, способностям, потребностям, текущим знаниям в определенной образовательной области. Появляется возможность варьирования сложности учебного материала, то есть изучения на том уровне, который необходим ученику, а также в том темпе, который ему приемлем. Таким образом, в процессе обучения по данной технологии обучающий может осуществлять обучение независимо во времени, то есть по удобному для каждого расписанию и в удобном темпе.

Самостоятельная работа при этом способствует развитию навыков саморегуляции учащихся, учит их делать осознанный индивидуальный выбор, развивать волю и ответственность.

1. Электронная образовательная среда при использовании модели «Перевёрнутый класс»

Модель «Перевернутый класс» является одной из форм смешанного обучения, в которой привычная подача лекций и выполнение домашних заданий представлены наоборот. Обучающиеся в удобное им время и индивидуальном темпе самостоятельно изучают теоретический материал (просмотр коротких видео-лекций, презентаций, чтение учебников, знакомство с Интернет-ресурсами и т. д.), в то время как очно в классе учебное время отводится для практических групповых занятий, где учащиеся могут задать вопросы по содержанию лекции, проверить свои знания, умения, а также взаимодействовать со сверстниками в практической деятельности.

Успех использования технологии «Перевернутый класс» заключается в качественном отборе электронной образовательной среды, который состоит из следующих шагов:

– учитель записывает видеолекцию, подбирает учебный материал, инструкции, итоговый тест и публикует их в сети Интернет, например, для этого использует платформу Google Classroom;

– обучающиеся изучают самостоятельно видеолекции, опубликованные, например, на платформе Google Classroom, что позволяет им осваивать материал в индивидуальном темпе, в любое удобное для них время, при этом предоставляется возможность общения

с одноклассниками и учителем, используя систему групповых чатов, например, приложение Discord;

– время же на уроке используется для совместной творческой деятельности: решение сложных задач, создание исследовательских мини-проектов, составление инструкций для выполнения творческих заданий, проведение лабораторных работ, экспериментов, опытов и др.

Таким образом, для меня, как для учителя, существенно меняется содержание моей деятельности: теперь я больше занята отбором учебных материалов и разработкой контента, созданием проверочных форм – всё это необходимо для организации онлайн-среды.

Одним из часто используемых мною образовательных ресурсов 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.

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. Платформа «Учи.ру» отличается удобными функциями управления контентом в личных кабинетах ученика и учителя, различными методами эффективной интеграции цифровых моделей обучения.

Переход к модели «Перевернутый класс» является переходом от главенства педагога к главенству ученика. Обучающиеся перестают быть пассивными участниками образовательного процесса, ответственность за знания возлагается на их плечи, что даёт стимул для дальнейшего творчества, то есть процесс обучения направлен в сторону практического применения приобретенных знаний [2].

Использование данной технологии позволяет учащимся разобраться с изучаемой темой самостоятельно, при этом необходимо разработать опорный конспект материала, затем составить вопросы разных типов к теме, разработка теста, поиск допущенных ошибок в видеолекции, самоконтроль и взаимоконтроль. Но для того, чтобы учащиеся не потерялись в многообразии материала, который предоставлен для изучения данной темы, учителю необходимо

предложить пошаговую инструкцию для его изучения. В данной пошаговой инструкции обязательно должны быть сформулированы шкалированные цели или предложено задание, которое необходимо выполнить при прохождении того или иного шага.

При использовании технологии смешанного обучения я смешиваю две её формы: перевернутый класс и ротация станций.

Ротация станций (движение по кругу): необходимо наличие некоторого количества компьютерной техники в классе. Учащиеся делятся на три группы по видам учебной деятельности, каждая группа работает в своей части класса (станции): станция консультаций, станция онлайн-обучения и станция проектной работы.

В течение урока группы переходят между станциями так, чтобы посетить каждую станцию. Состав групп от урока к уроку может меняется в зависимости от поставленной цели занятия.

Станций может быть любое количество, например, станция работы с учителем и станция онлайн-работы.

Также возможен вариант с четырьмя станциями – станция консультации, станция онлайн-работы, станция работы над коллективным творческим проектом, станция индивидуальной самостоятельной работы.

Деление на станции может происходить по разным принципам, при этом количественный состав групп тоже может отличаться:

– готовность учеников к уроку, это можно осуществить в начале урока с помощью опроса в форме тестов или онлайн-тестов, выполненных дома;

– результат выполнения самостоятельной работы, домашнего задания или творческой работы;

– уровень усвоении изученных тем (базовый, повышенный, высокий);

– интерес обучающегося к изучаемой теме урока (требуется проведение опроса, анкеты).

Заключение

Именно эта технология обучения «Перевёрнутый класс» может адекватно и гибко реагировать на потребности общества и обеспечить формирование и развитие навыков 21 века: гибкость, модульность, параллельность, дальнодействие, асинхронность.

Но необходимо помнить, что для избежания некоторых проблем, которые связаны с «переворотом», переход от традиционного обычного класса к перевернутому необходимо осуществлять постепенно. Учителю нужно помнить, что его функциональная роль заключается не в том, чтобы «дать урок», передать, а затем проверить знания и умения, а он

должен способствовать созданию учебной ситуации для самостоятельной познавательно-практической деятельности учащихся.

Таким образом, изменяются технологии обучения, внедрение электронных ресурсов открывает значительные возможности расширения образовательных рамок по каждому предмету в общеобразовательном учреждении. При использовании технологии «Перевёрнутый класс» учащиеся будут являться ответственными за свое обучение. Персонализация обучения предполагает постепенную передачу ответственности от учителя к ученику. Использование электронных ресурсов в учебном процессе помогают мне повысить качество образования – одной из насущных проблем для современного общества.

Список литературы

1. Хуторской, А. В. Пути развития дистанционного образования в школах России / А. В. Хуторской // Всероссийская научная конференция Relarn : тезисы докладов. – М., 2000. – 207 с.

2. Вайндорф-Сысоева, М. Е. Педагогика в виртуальной образовательной среде : Хрестоматия / М. Е. Вайндорф-Сысоева. – М. : МГОУ, 2006. – 167 с.

Формирование мотивации к обучению у младших школьников через систему ТИО (технологию индивидуализированного обучения)

Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru
И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru
Д. А. Гальцева, email: dariagaltseva@yandex.ru

МБОУ Отрадненская СОШ № 2

Аннотация. *проблема, которая волнует без исключения всех педагогов. Это – снижение мотивации к обучению у детей или её отсутствие. Конечно же, дать решение этого вопроса мы не сможем, но готовы поделиться опытом своей работы в этом направлении.*

Ключевые слова: *развитие творческих навыков у детей младшего школьного возраста, технология индивидуализированного обучения, познавательная деятельность, учится сложным понятиям в игровой форме.*

Введение

Добрый день, уважаемые коллеги. Сегодня мы хотели бы поговорить с Вами о проблеме, которая волнует без исключения всех педагогов. Это – снижение мотивации к обучению у детей или её отсутствие. Конечно же, дать решение этого вопроса мы не сможем, но готовы поделиться опытом своей работы в этом направлении.

1. Формирование мотивации к обучению через систему ТИО

Существует два вида мотивации к обучению: внешняя и внутренняя. Извне на ребёнка действуют многие факторы: взаимоотношения с родителями, учителями, одноклассниками. Очень важен уровень внутренней мотивации. На её развитие влияет умение ребёнком ставить перед собой цели, находить пути их достижения и осознание того, для чего ему нужно достигнуть поставленную цель [1-3].

Мотив – движущая сила – он и приводит к цели.

Мотивация обучения – это общее понятие для процессов, методов и средств побуждения обучающихся к продуктивной познавательной деятельности, к активному освоению содержания образования.

Мы все изучали в университете возрастную физиологию и психологию. И знаем, что основная деятельность ребёнка, только

© Кузнецова Т. М., Щербинина И. В., Гальцева Д. А., 2021

поступившего в школу, игровая. Перед ним никак не может стоять учебных целей. Ребёнок приходит в школу пообщаться с друзьями, поиграть, но никак не учиться. Как же сделать так, чтобы ребёнок заинтересовался? Для этого надо создать для него комфортные условия, создать ситуацию успеха, сделать урок интересным и увлекательным. Любой человек, в любом возрасте успешен в том, что для него привычно, что не вызывает чувства дискомфорта, снижает тревожность и минимизирует вероятность неудачи.

С введением новых образовательных стандартов обучение стало личностно-ориентированным. Как же при большой наполняемости класса (у меня 32 ученика) уделить внимание каждому ученику? И вот перед педагогическим коллективом школы, в которой я работала, а работала я в Отрадненской школе, встал вопрос: «Какие технологии могут помочь повысить мотивацию детей к обучению?» Изучая опыт педагогов школ разных регионов нашей страны, нас заинтересовала технология индивидуализированного обучения (ТИО) Юрия Афанасьевича Макарова – педагога из Перми. Он приезжал к нам школу и провёл мастер-классы. Что же нас заинтересовало в этой технологии? Всё очень просто: ученик на уроке учится сам. То есть в основе лежит системная самостоятельная работа ученика.

Организация урока по технологии индивидуализированного обучения внешне простая. На доске лист «Карта успеха» с фамилиями всех учеников класса и пустые графы – на каждом своё количество, по числу заданий.

Моя роль на уроке сводится к оказанию консультативной помощи ученикам. То есть, я говорю только в начале урока (при определении с детьми темы урока, постановке цели и задач урока), а также при проверке правильности выполненного задания конкретным учеником. Конечно же, для организации такого урока от учителя требуется тщательная подготовка. В первую очередь, разработка чёткой инструкции к действию ученика, а также подбору теоретического и практического материала.

У ТИО девиз: «Я могу! Я умею! Это сделал я сам!» – это и есть активизация познавательной деятельности, и основана она на личностном росте ученика, на ситуации успеха ученика в овладении знаниями, самостоятельном познании материала от простого к сложному. Ученик сам выбирает уровень сложности заданий и темп работы на уроке. В самом начале урока он ставит себе желаемую оценку. Это прогнозируемый результат, т. е. ребёнок пытается самостоятельно оценить свои силы.

Работа на уроке проходит следующим образом: сначала ученик самостоятельно изучает тему. Вот здесь и нужна точная инструкция (путевой лист).

После изучения теоретического материала ребята отвечают на вопросы теста. Как проводится тест? Введение ИКТ в школах открыло новые возможности в организации урока. Ребята проходят тест на доступных всем школам платформах. Например, Дневник.ру, Яндекс учебник и т.д. Очень важно, что по результатам теста дети сразу получают оценку. Она независимая, т. е. ставится автоматически и носит объективный характер, т. к. её ставит не учитель. Вы спросите, что делать, если у школы нет возможности посадить детей за компьютеры? Технические средства имеются у каждого ребёнка (телефоны). Это, по существу, не только средство развлечения, но неиссякаемый источник информации.

Следующий этап – это переход к выполнению практических заданий по теме урока.

На столе учителя располагается веер заданий. Что касается подбора заданий: «Если мы задаем непосильную задачу, то убиваем мотивацию!», – говорит психолог Марьяна Безруких. Чтобы у ученика не вызвать негативное отношение к обучению, первое задание предлагается такое, чтобы каждый ребенок смог его решить (даже самый слабый), тем самым поверив в свои силы. Таким образом мы создаём ситуацию успеха. Если ученик затрудняется выполнить задание, учитель приходит ему на помощь. После выполнения задания, ученик подходит к учителю для проверки правильности выполненного задания или за консультацией. Если задача решена правильно, то сам ученик ставит пометку о её выполнении в путевой лист и приступает к выполнению следующего задания более высокого уровня. Таким образом, я вижу, как работает каждый ребёнок, кому какая помощь необходима. Вот она индивидуальная работа. В итоге работа на уроке становится *персонифицированной*.

Успешный обучающийся выполнит достаточно большое количество заданий, а менее успешный может и не решить все предлагаемые задания, но задания обязательного базового уровня он выполнит. А также, что имеет особое значение, у меня появляется возможность уделить внимание детям с ОВЗ. А такие дети имеются практически в каждом классе.

Во время урока отпадает надобность проведения физкультминуток. Потому что, ребята находятся в постоянном движении. Сложности появляются у учителя при проверке выполненных заданий, если в классе свыше 20 человек. Класс напоминает муравейник. Но в этом тоже

есть положительная сторона: дети учатся концентрироваться, не отвлекаться на шум. Более успешные ученики могут выступать наравне с учителем в роли консультантов.

ТИО подразумевает не только индивидуализацию обучения, но и дифференциацию, без деления параллели на сильные и слабые классы.

Работая по этой системе, каждый ученик получает оценку на каждом уроке, и не одну! Т. е. наполняемость оценок, их обоснованность очевидны как для ученика, так и для его родителя. А это немаловажно, ввиду изменения отношения родителей к школе и оцениванию знаний их детей. Эта система помогает обосновать любую оценку по любому виду деятельности. А также, ученик соревнуется сам с собой. В конце урока ученик сам себе ставит оценку и сравнивает её с той, которую он поставил себе в начале.

Чем чаще учитель применяет эту технологию, тем легче его ученикам работать самостоятельно. А учитывая особенности дистанционного обучения, детям, которые обучаются по ТИО, самостоятельная работа даётся гораздо легче, т. к. она привычна. Таким образом, на фоне успешности и привычности действий, мотивация ребят к обучению не снижается, а остаётся достаточно высокой.

В прошлом году я перешла работать в новую школу, и у меня появилась уникальная возможность проверить на практике результаты моей работы. У меня был 4 класс. 60% детей были те, с кем я перешла в новую школу, т. е. мы с ними 3 года работали с использованием этой технологии. Остальные ребята пришли из разных школ. Когда в марте нас перевели на дистанционное обучение, то те из ребят, кто обучался по ТИО четыре года и те, кто успел привыкнуть к данному методу, не испытывали серьёзных проблем с самостоятельным обучением. Это отмечали сами ребята, а также их родители. И для меня, как учителя, задача по организации уроков значительно облегчилась. Мне не нужно было проводить занятия по всем предметам с объяснением материала, а достаточно было организовать занятия в ZOOM в виде консультаций, где дети задавали вопросы, касающиеся предметов по расписанию текущего дня.

Вот и получается, что роль ТИО актуальна. Дети учатся правильно распределять своё рабочее время, организовывать свою работу, оценивать свои возможности.

В тексте выше мы не затрагивали тему работы с различными интерактивными площадками [4-6]. Какие факторы влияют на мотивацию школьников, и как помочь ученикам проявить и развить свои способности, используя интерактивные образовательные платформы?

Важную роль в формировании мотивации к обучению играет реализация программы преемственности. Преемственность важна на каждом переходном этапе: от дошкольного учреждения к начальной школе, от начальной школы к среднему звену. Но так как в прошлом учебном году мы не смогли в полной мере реализовать данную программу из-за эпидемиологических условий, период адаптации детей при переходе из начального звена в среднее значительно увеличился и осложнился. Поэтому, предвидя такие трудности и стремясь поддержать уровень мотивации учеников 5-х классов к учебной деятельности, администрацией нашей школы был предложен учебный курс «Основы мультимедийных технологий».

После выхода детей с дистанционного обучения, мы провели опрос среди ребят, благодаря которому нам хотелось узнать какие из методов учебной деятельности помогли детям в освоении учебной программы в новых условиях. Ребятам было предложено ответить на вопросы теста. Тест составлен на платформе КАХУД.

Ответы детей и легли в основу формирования темы данного сообщения. Мы были рады поделиться с вами своим опытом. Надеемся, что вы узнали для себя что-то новое и интересное.

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. Афанасенко, Л. Д. Проблема познавательного интереса у младших школьников [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://docviewer.yandex.ru/?url=ya-serp%3A%2F%2Fseliyarovo-86.edusite.ru%2Fteacher_docs%2Fmagafurovazb%2F14.doc&name=14.doc&c=560d5113e774

3. Соколова, Т. Е. Воспитание познавательных интересов младших школьников средствами новых информационных технологий [Текст] /Т. Е. Соколова // Начальная школа. – 2013. – № 3. – С. 292.

4. 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

5. Хуторской, А. В. Информатика и ИКТ в начальной школе: метод.пособие / А. В. Хуторской, Г. А. Андрианова. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 152 с.

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

Опыт использования программы ZOOM в работе школьного психолога в дистанционный период

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 дистанционном режиме работы педагога-психолога, используя платформу Zoom. Внедрение данного ресурса в психологическую практику позволяет сделать работу школьного психолога более продуктивной и эффективной в период пандемии. Данная платформа эффективно дополняет традиционные формы работы психолога в школе, расширяя его возможности в организации взаимодействия с другими участниками образовательного процесса.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, дистанционные средства обучения, платформа ZOOM, информационные и телекоммуникационные технологии, электронные ресурсы.*

Введение

В современное время у школьных психологов всё больше нарастает необходимость использования новых форм, технологий в своей практики. Так, в связи с участившимися «форс-мажорными» обстоятельствами, такими как: чрезвычайные ситуации, эпидемии, погодные условия, психологической службе стал необходим (на определённые сроки) переход на дистанционную форму обучения.

Внедрение современных компьютерных технологий в школьную психологическую практику позволяет сделать работу психолога более продуктивной и эффективной [1, 2]. При этом использование платформы Zoom органично дополняет традиционные формы работы школьного психолога, расширяя возможности организации взаимодействия психолога с другими участниками образовательного процесса.

1. Описание работы педагога-психолога с помощью платформы Zoom

Информатизацию о деятельности педагога-психолога в школе можно рассмотреть по следующим направлениям:

© Кузьмина О. Е., 2021

1. Психологическое просвещение и консультирование.
2. Психодиагностика.
3. Коррекция и развитие личности.
4. Психологическое сопровождение педагогов.
5. Совершенствование профессиональной компетентности психолога.

Все эти направления можно реализовывать с помощью платформы Zoom.

Zoom – сервис для проведения видеоконференций, онлайн-встреч и дистанционного обучения школьников. Организовать встречу может любой, создавший учетную запись. Бесплатная учетная запись позволяет проводить видеоконференцию длительностью 40 минут.

Для использования сервиса требуется одно или несколько совместимых устройств, доступ в Интернет и определенное программное обеспечение, а также может потребоваться периодическое получение обновлений.

Программа отлично подходит как для индивидуальных, так и групповых занятий, онлайн-консультаций, просвещения всех участников образовательного процесса. А также для совершенствования профессиональной компетентности психолога.

К видеоконференции может подключиться любой имеющий ссылку или идентификатор конференции. Мероприятие можно запланировать заранее, отправить ссылку на повторяющуюся конференцию.

Можно выделить основные преимущества применения платформы Zoom для психологической службы:

– Отличная связь.

– Видео и аудио связь с каждым участником. У организатора есть возможность выключать и включать микрофон, а также выключать видео и запрашивать включение видео у всех участников. Можно войти в конференцию как участник с правами только для просмотра.

– Можно делиться экраном (screensharing) уже со звуком. Демонстрацию экрана можно поставить на паузу.

– В платформу встроена интерактивная доска, можно легко и быстро переключаться с демонстрации экрана на доску.

– Есть чат, в котором можно писать сообщения, передавать файлы всем или выбрать одного участника.

– Можно производить запись встречи.

– Возможность использовать различные интернет-ресурсы во время проведения встреч, используя презентации и медиапрезентации, созданные с помощью программы Microsoft Office Power Point, видео,

аудио с использованием видеоредакторов Movavi, Windows Movie Maker и интерактивные задания.

Данный ресурс, конечно, дает много возможностей для проведения интересных онлайн-занятий, консультаций, встреч, но есть и свои особенности работы в таком формате:

– Для пользования требуется высокоскоростной интернет.

– При сильной загруженности ресурса, участники могут периодически «вылетать» с занятий или конференции.

– Технические стороны (состояния техники).

Заключение

Таким образом, полноценное осуществление педагогом-психологом профессиональной деятельности сегодня невозможно без использования ИКТ.

Данный ресурс имеет много достоинств, он может помочь в работе педагогу-психологу в дистанционный период. Но самое главное то, что сервис позволяет использовать речь, видеть собеседника, без чего процесс коммуникации априори невозможен, и тем самым способствует организации полноценной работы психолога в сложной обстановке.

Платформа Zoom предоставляет широкие возможности для проведения онлайн-консультаций, психологических занятий, общения с коллегами, участия в вебинарах, онлайн-конференциях, профессиональных конкурсах.

Список литературы

1. Еременко, Н. А. Возможности использования ИКТ и Интернет-ресурсов в деятельности педагога-психолога [Электронный ресурс] / Н. А. Еременко. – Режим доступа:: http://socobraz.ru/index.php/Возможности_использования_ИКТ_И_Интернет-ресурсов_в_деятельности_педагога-психолога

2. Ибрагимов, И. М. Информационные технологии и средства дистанционного обучения : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Информационные системы и технологии» направления подготовки дипломированных специалистов «Информационные системы» / И. М. Ибрагимов ; под ред. А. Н. Ковшова. – 3-е изд., стер. – Москва : Академия, 2008. – 330 с.

Преподавание методов оптимизации с использованием динамической обучающей среды

Н. П. Можей, email: mozheynatalya@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *В работе описывается преподавание методов оптимизации с использованием системы дистанционного обучения на основе модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды, обсуждаются преимущества и недостатки ее применения. Приводятся примеры приложений методов оптимизации в сфере информационных технологий.*

Ключевые слова: *обучающая среда, методы оптимизации, информационные технологии.*

Введение

Современные цифровые технологии позволяют получать образование в любой точке планеты. С целью совершенствования содержания и форм образовательного процесса на современных цифровых платформах, а также в связи со сложившейся неблагоприятной эпидемиологической ситуацией активно применяются методы дистанционного обучения, в частности, в данной работе описывается внедрение в процесс преподавания методов оптимизации модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды, снабженной веб-интерфейсом.

1. Преподавание методов оптимизации с применением модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды

В курсе «Методы оптимизации», который читается в пятом семестре для студентов специальности «Программное обеспечение информационных технологий», студенты осваивают математический аппарат и методы решения экстремальных задач, возникающих в практической деятельности, усваивают методологические принципы и конкретные подходы к постановке, решению и анализу задач оптимального управления. Задачами преподавания методов оптимизации являются: выработка навыков по применению методов оптимизации и алгоритмов решения прикладных задач на профессиональном уровне, а также подготовка студентов к их

© Можей Н. П., 2021

внедрению; приобретение знаний по линейному программированию, включая задачи распределения ресурсов, элементы теории двойственности, оптимизации поставок, организации, размещения и концентрации производства; по применению методов оптимизации в теории игр, в сетевом планировании и управлении; приобретение знаний по нелинейной оптимизации и ее приложениям, в том числе по поисковым методам одномерной и многомерной, локальной и глобальной, условной и безусловной оптимизации; овладение элементами многокритериальной оптимизации и динамического программирования. В результате изучения дисциплины студент должен научиться моделировать оптимизационные задачи, проводить анализ результатов, корректировать результат при изменении исходных данных, овладеть навыками выбора подходящих оптимизационных методов и их применения.

В осеннем семестре основной материал указанной дисциплины изучался с применением системы дистанционного обучения на основе модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment, Moodle). Одним из ее преимуществ является наличие простого, эффективного веб-интерфейса, совместимого с различными браузерами. Обучение студентов проводилось по месту жительства, удаленному от вуза, с применением информационно-коммуникационных технологий обучения, обеспечивающих доступ к образовательным ресурсам под наблюдением и контролем преподавателя. Learning Management System (LMS, система управления обучением) Moodle поддерживает возможности использования видеоконференций, виртуальных лабораторий программирования, содержит элементы вида глоссарий, задание, лекция, интерактивный контент, дает возможность проведения опросов, семинаров, тестов, использования форумов и чатов, получения другой обратной связи, она позволяет также добавлять гиперссылки, книги, папки, пояснения, страницы и отдельные файлы в различном формате. В частности, модуль «Видеоконференция BigBlueButton» позволяет создавать в Moodle ссылки на виртуальные онлайн собрания в BigBlueButton – системе с открытым исходным кодом для проведения веб-конференций при дистанционном обучении, пользователям доступны веб камера, презентации, показ экрана, онлайн чат и много других необходимых функций. Система BigBlueButton ориентирована на образовательные мероприятия, интегрирована с LMS Moodle, непосредственно внедрена в виде отдельного настраиваемого элемента, поэтому она не требует от преподавателя дополнительных действий по организации виртуального семинара/лекции, в отличие от сторонних

систем конференцсвязи, таких как Zoom, также она не требует и установки на рабочее место пользователя какого-либо специального программного обеспечения, что позволяет получить доступ к ней с устройств любого типа, как стационарных, так и мобильных. Все студенты автоматически регистрируются в системе под своими реальными фамилией, именем и отчеством (что избавляет преподавателя от сообщений, не относящихся к изучаемому материалу, как иногда происходит в случае условной анонимности при самостоятельной регистрации, а также лишает доступа в систему посторонних, мешающих образовательному процессу) с указанием электронного адреса для отправки уведомлений о новых сообщениях в чате, личной переписке, проверенных работах, полученных заданиях и поступлении другой новой информации. При проведении лекций есть возможность указать ее название, описание, делать привязку к конкретному расписанию, выбирать группы слушателей и параметры записи онлайн сеанса, в дальнейшем записи можно просмотреть, причем доступность просмотра записей для студентов остается на усмотрение преподавателя (если студент не будет рассчитывать на возможность последующего просмотра, то он внимательнее отнесется к материалу, читаемому онлайн, однако, например, для подготовки к экзамену доступ может быть открыт). Во время лекции преподаватель видит всех подключившихся студентов, они могут задавать вопросы, используя как микрофон, так и групповой чат, вся информация доступна прямо на экране в режиме онлайн; преподаватель транслирует свою презентацию, по ходу лекции выделяя и добавляя необходимую информацию с применением встроенных инструментов редактирования, иногда позволяя делать это и студентам, а также при желании проводит прямо во время лекции опросы, сразу получая обратную связь и всю необходимую статистику, однако некоторые вопросы изучаемого материала удобнее объяснять и воспринимать очно. Есть и возможность трансляции рабочего стола для иллюстрации хода работы с различными приложениями. При сдаче студентом лабораторной работы онлайн также есть возможность использовать модель «Видеоконференция BigBlueButton» со встроенными инструментами редактирования, доступ к которым (по желанию преподавателя) получает и студент (студенты). В системах Moodle и BigBlueButton реализованы механизмы контроля академической деятельности студентов и преподавателей, в частности, учет посещаемости онлайн-мероприятий и работы с различными элементами курса. Применение виртуальной лаборатории программирования (VPL) позволяет править исходный программный код в браузере, студенты могут интерактивно запускать программы в

браузере, тесты для проверки программ, этот модуль позволяет искать сходство в отправленных ответах, поддерживает установку ограничений на редактирование и запрет вставки текста из внешних источников.

2. Об изучении методов оптимизации и их приложений в сфере информационных технологий

Предлагаемый студентам в системе дистанционного обучения материал призван помочь им в изучении основных методов решения оптимизационных задач, а также при выполнении индивидуальных лабораторных заданий по курсу «Методы оптимизации». Сначала приводятся классические методы решения оптимизационных задач, основанные на использовании дифференциального исчисления для нахождения экстремальных значений функций. Далее рассматривается линейное программирование и его применение, в частности, в теории игр, в сетевом планировании и управлении. Примерами задач линейного программирования являются задачи оптимального использования ресурсов, загрузки оборудования, распределения станков по операциям, оптимизации грузопотоков, планирования производства, составления расписаний, сплавов и смесей и др. Студенты находят оптимальные решения и анализируют их, как используя графический метод и симплекс-метод решения задач линейного программирования, так и применяя различные программные пакеты и объясняя полученные результаты с использованием теории двойственности. Также на занятиях анализируются модели оптимального размещения и концентрации производства, решаются задачи сетевого планирования, задачи с использованием моделей управления запасами, проводится моделирование конфликтных ситуаций с помощью теории игр и их решение как сведением к задаче линейного программирования, так и с применением различных критериев. Дальнейший материал посвящен методам одномерной минимизации, широко применяемым на практике в качестве составной части методов поиска экстремумов функций многих переменных. Отдельно рассматриваются численные методы безусловной и условной оптимизации. Также разбирается многомерная оптимизация, выделяются детерминированные прямые методы, методы первого и второго порядков и методы случайного поиска. Изучаются многомерная локальная и глобальная условная оптимизация, также рассматриваются задачи многокритериальной оптимизации. Отдельно разбираются задачи оптимального управления и методы их решения. В каждой теме дается краткая характеристика рассматриваемых методов, приводятся основные рабочие формулы и алгоритмы решения оптимизационных задач, применение алгоритмов иллюстрируется примерами.

Для лучшего усвоения изучаемого материала осуществляется взаимодействие с преподавателем и другими студентами, как с помощью видеоконференций, так и с применением форумов и чатов, контроль знаний осуществляется с помощью заданий и тестов, а также с помощью защиты выполненных заданий онлайн [1]. В частности, в системе тестирования при создании теста фиксируются время начала и окончания тестирования, выставляется ограничение времени тестирования, выбирается формат оценивания и проходной балл, при желании указывается количество попыток (и принудительный временной интервал между попытками, чтобы студент попытался разобраться в причинах неудачных ответов), также выбирается метод выставления по результатам нескольких попыток итоговой оценки, можно требовать отвечать на вопросы последовательно либо использовать свободную навигацию, выдавать ответы в случайном порядке (либо в определенной последовательности), давать отзыв на отвеченный вопрос сразу либо по окончании тестирования (либо в интерактивной форме), основывать (либо нет) последующие попытки на результатах предыдущих. В зависимости от цели тестирования (самоконтроль, промежуточный либо итоговый контроль) есть возможность сообщать (либо не сообщать) информацию о правильности ответа, полученных за него баллах (которые также могут различаться в зависимости от сложности вопроса), приводить сам правильный ответ, давать отзывы к отдельным вопросам и ко всему тесту. Соответственно, тест может быть скрыт от студентов, а также становиться доступным с указанного момента, быть доступен студентам определенной группы (групп) либо при выполнении определенных условий, например, изучения каких-либо материалов, сдачи контрольных и лабораторных работ или тестов по предшествующему материалу, все условия проведения теста обычно указываются заранее (чтобы дать возможность студентам для подготовки). Поскольку вопросы и варианты ответов чаще всего выдаются в случайном порядке, даже студенты, выполняющие одинаковый тест одновременно, лишаются возможности «дублирования» ответов. Выставление итоговой оценки автоматически по заранее определенным правилам позволяет разгрузить преподавателя от механической работы по проверке (но при этом увеличивает нагрузку на него при составлении самих тестов). Текущий контроль осуществляется также в форме контрольных и лабораторных работ, представляемых студентом и принимаемых преподавателем дистанционно. Таким образом, активно и творчески взаимодействуют, ведут диалог в цифровой среде и преподаватели, и студенты.

Заключение

Таким образом, обсуждены преимущества и недостатки преподавания методов оптимизации с использованием системы дистанционного обучения на основе модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среды. Применение современных информационных технологий дает возможность модифицировать учебный процесс с целью повышения эффективности и качества обучения и процессов контроля получаемых знаний, умений и навыков.

Список литературы

1. Краснова, Г. А. Технологии создания электронных обучающих средств / Г. А. Краснова, М. И. Беляев, А. В. Соловов. – М. : МГИУ, 2001. – 224 с.

Роль обучения с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов, обучающихся на дому

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. 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

© Навражных В. И., 2021

ценностей. Нельзя подготовить ребенка к самостоятельной трудовой 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 [1].

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 [2].

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 безбарьерной 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 [3]. 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. Обзор терминологии и типов программного обеспечения [Электронный ресурс] / О. Г. Крючкова. – Режим доступа: https://urok.1sept.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 инфокоммуникационных технологий для совершенствования подготовки специалистов связи

С. А. Никулин, email: Nikulin1958@bk.ru
Г. А. Попов, email: pop6869@mail.ru
С. Р. Каберов, email: sanek11.91@inbox.ru

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

Аннотация. *В статье проведен анализ воздействия обучающих тестов, входящих в состав комплекса программных средств, позволяющих в ограниченный период времени оценить качество профессиональной подготовки курсантов.*

Ключевые слова: *знания, умения, навыки, автоматизированное тестирование, обучающие программы.*

Введение

Процесс подготовки офицеров в настоящее время характеризуется, с одной стороны, возрастанием объема и сложностью освоения профессиональных знаний, умений и навыков, а с другой – недостаточным временем, отводимого для изучения той или иной дисциплины. Поэтому, при подготовке военных авиационных специалистов, в частности, для эксплуатации средств и комплексов связи и радиотехнического обеспечения (РТО) существует проблема освоения курсантами на требуемом уровне изучаемых технических средств.

В этих условиях основная задача преподавателя заключается в максимально эффективном использовании учебного времени для достижения цели практического занятия [1].

1. Теоретические аспекты автоматизированного тестирования контроля знаний обучаемых

Общеизвестно, что любой предмет, учебный материал запоминается лучше, когда в процесс обучения вносится элемент творчества обучаемых. Это обстоятельство имеет немаловажное значение при изучении технических дисциплин, и, в частности, относящихся к эксплуатации средств связи.

Механическое запоминание характеристик устройств и систем и перерисовывание функциональных схем не может дать устойчивую базу

© Никулин С. А., Попов Г. А., Каберов С. Р., 2021

знаний, которая сохранится у курсантов в войсках. Поэтому многократное повторение технических операций призвано не только для отработки автоматизма при обслуживании и эксплуатации техники, но и для активизации интереса обучаемого к познанию предметной области.

Основными функциями диагностики усвоения материала в системе современного высшего военного образования являются осуществление контроля над формированием необходимых знаний и профессионально важных качеств, оценка особенностей развития курсантов в ходе обучения, оценка качества самого образования. При этом все большее распространение получает применение тестовых обучающих методик в процессе обучения. Для этого необходимо проведение диагностировании данных внутри обследуемой выборки, ранжирование испытуемых по степени представления тех или иных показателей, введение критерия выделения высокого и низкого уровней развития изучаемых особенностей и их сравнение.

Из всех существующих методик на сегодняшний день наиболее распространенными являются обучающие тесты, позволяющие в ограниченный период времени получить характеристики особенностей развития курсанта по определенным параметрам. По форме проведения тесты могут быть индивидуальными и групповыми, устными и письменными, компьютерными и аппаратурными и т.д. Каждый тип тестов имеет достоинства и недостатки. Однако компьютерные тесты принято выделять в отдельную группу, так как в последнее время этот автоматизированный вид тестирования в форме диалога испытуемого и ЭВМ получает все большее распространение.

Тестовые задания предъявляются с экрана дисплея, а ответы заносятся в память ЭВМ. При компьютерном тестировании значительно облегчается обработка данных, которые могут быть представлены в виде таблиц, графиков, рисунков. Важно подчеркнуть, что этот тип тестирования позволяет провести анализ таких данных, которые в других случаях получить невозможно. Это может быть время выполнения каждого задания текста, количество отказов и т.д. Благодаря этому преподаватель получает возможность провести углубленную диагностику индивидуальных особенностей мышления испытуемого, темповых и других характеристик его деятельности.

Конечно, тесты не раскрывают все стороны квалификации. Их целесообразно использовать в комплексе с другими способами определения уровня подготовки. И все же такие тесты могут реально оценить эффективность профессионального обучения, сравнить разные методы и учебные программы путем сопоставления достижения групп,

обучающихся разным способом. Объективность, простота применения делают их пригодными для получения и контроля знаний.

2. Методика оценки эффективности применения обучающих тестов

Процесс обучения совершается в ходе совместной деятельности обучающего и обучаемого при ведущей роли обучающего. Так как процесс обучения подчиняется принципам управления, то уравнения состояния автоматизированного освоения (АО) системы имеют вид:

$$\begin{cases} \dfrac{dy}{dt} = F(y(t)), x(t); \\ z(t) = Q(y(t)), x(t), \end{cases} \quad (1)$$

где $x(t)$ – вектор прямой связи компонентов содержания образования, заданий и вопросов, тестов, воздействий обратной связи информирующих, корректирующих; $z(t)$ – результаты выполнения заданий, тестов; $y(t)$ – переменные состояния процесса обучения, состояния здоровья и т.д.

Первое уравнение выражения (1) является уравнением состояния системы, а второе – выходным уравнением системы АО.

Для линейных систем, выражение (1) представим в виде:

$$\begin{cases} \dfrac{dy}{dt} = A(t)y(t) + B(t)x(t); \\ z(t) = C(t)y(t) + D(t)x(t), \end{cases} \quad (2)$$

где $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $D(t)$ – матрицы коэффициентов.

Результаты оценки эффективности применения обучающих тестов реализованы в учебном процессе ВУНЦ ВВС «ВВА». Для оценки эффективности применения в учебном процессе комплекса программных средств (КПС) был проведен учебный эксперимент по включению и настройке радиостанции Р-161А2М, цель которого – оценить эффективность применения компьютерных программ, входящих в КПС, при изучении курсантами вопросов эксплуатации техники связи на практических занятиях.

Задачи эксперимента – исследовать влияния применения КПС в процессе занятий на качество вырабатываемых практических навыков и умений, необходимых при работе с техникой.

На первом этапе эксперимента оценивалась степень усвоения теоретического материала. В качестве требуемой модели обучения

рассматривалась гибкая сеть понятий предметной области с фиксацией времени достижения терминального элемента.

Для того чтобы оценить эффективность использования КПС при изучении теоретического материала, в качестве показателя эффективности выбран уровень знаний, количественно выраженный средним баллом.

Чтобы на выходе получить объективные результаты обе подгруппы были поставлены в равные условия, т.е. единая программа учебной дисциплины, состав обучаемых, вид занятий, день проведения занятий, преподаватель и способ опроса.

Успеваемость подгруппы в целом оценивалась по следующей формуле:

$$Y = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} c_{ji} \qquad (3)$$

где c_{ji} – оценка, полученная j-м курсантом за i-е задание, n – число курсантов; m – число оцениваемых заданий.

Результаты эксперимента представлены в таблице.

Таблица

Результаты эксперимента с применением КПС

Группы	Численность, чел.	Средний балл
Экспериментальная	24	4,21
Контрольная	24	3,60

Как видно из таблицы, прирост среднего балла составил 15%, т.е. налицо рост уровня знаний с применением в учебном процессе программ КПС.

На втором этапе эксперимента оценивался уровень навыков обучаемых. Для оценки безошибочности исполнения и быстродействия была выбрана операция по включению и настройке радиостанции Р-161А2М. Данная операция является нормативной, т.е. на ее выполнение дается определенное время, и последовательность действий строго определена.

В качестве показателей оценки выбраны следующие:

– время выполнения операции;

– количество тренировок для достижения безошибочного выполнения операции за заданное время.

Согласно плана занятия достижение необходимого уровня навыков нужно было обеспечить за 6 часов занятий, чтобы не менее 90%

курсантов могли выполнить нормативы при 90% безошибочном исполнении операций.

Эксперимент показал, что при использовании двух комплектов реальной аппаратуры курсанты контрольной подгруппы успевают отработать необходимые операции не более двух раз без применения КПС.

При этом выполняют норматив не более 80% обучаемых. При использовании КПС курсанты экспериментальной подгруппы отрабатывают операцию на комплексе от пяти до семи раз и не менее четырёх раз на реальной технике. При этом выполняют норматив не менее 95% курсантов. На рис/ 1 представлены результаты выполнения операции.



Рис. 1. Результаты выполнения практических операций

Сравнивая результаты контрольной и экспериментальной подгрупп можно сделать следующие выводы:

– по безошибочности исполнения операции экспериментальная подгруппа превосходит контрольную на 15 %;

– цели тренировки в контрольной подгруппе не достигают 10 % курсантов;

– среднее время выполнения операции в экспериментальной подгруппе меньше на 12 %.

Превосходство результатов экспериментальных подгрупп достигнуто, в том числе, за счет применения комплекса программных средств с использованием тестирующей программы. В результате, это позволило увеличить количество тренировок в экспериментальной подгруппе в 2 раза.

График распределения времени выполнения операции по настройке радиостанции в различных режимах работы в подгруппах представлен на рис. 2.

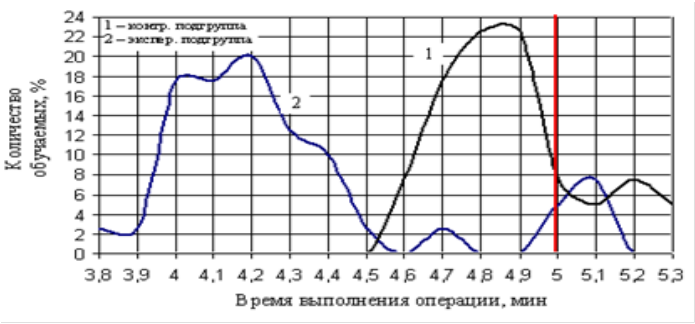


Рис. 2. Распределение экспериментальной подгруппы

Из рис. 2 видно, что распределение экспериментальной подгруппы смещено в сторону меньшего времени, однако в области 5 мин есть определенная группа обучаемых, которые по каким-либо причинам неспособны освоить систему. Доверительный интервал оценок в контрольной подгруппе для доверительной вероятности 0,95 составляет 0,055 мин, в экспериментальной – 0,104 мин, что свидетельствует о достоверности оценки результатов экспериментов.

Заключение

Таким образом, повышение уровня подготовки военных специалистов за счет совершенствования технологий обучения, применяемых сегодня в высшей школе, и широкого внедрения в учебный процесс информационных и телекоммуникационных средств, т. е. создание в вузе специальной профессионально-ориентированной обучающей среды, способствует возникновению и развитию информационного взаимодействия между обучающимися и преподавателями на основе использования современных технологий обучения.

Список литературы

1. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Приклад. математика и информатика», «Информатика и вычисл. Техника» и специальностям «Приклад. Информатика» (по обл.), «Приклад. математика и информатика» / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. [и др.] : Питер, 2000. – 382 с.

Содержание учебного материала и методика формирования компетенций в области применения блокчейн технологий для обучения студентов транспортных вузов

Е. Д. Паутов, email: pautov.e@yandex.ru

ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова

Аннотация. *В работе рассматривается содержание учебного материала и предлагается методика формирования компетенций в области применения блокчейн технологий для обучения студентов транспортных вузов. В содержании учебного материала представлены особенности, принципы, структуры и типологии блокчейн-технологий для обучения студентов транспортных вузов. На основе использования эксклюзивного блокчейна предлагается модель оптимизации методики использования блокчейна для студентов вузов в области водного (морского и речного) транспорта.*

Ключевые слова: *содержание учебного материала, формирование компетенций, технология блокчейн, транспортные вузы, морской транспорт, методика обучения студентов.*

Введение

Актуальность отбора учебного материала для применения блокчейн технологий для обучения студентов транспортных вузов обусловлена интенсивным развитием цифровых технологий во всех сферах жизни и, как следствие, активным ростом интереса к возможностям данной тенденции со стороны участников мировых финансовых рынков. Экономический рост неразрывно связан с внедрением новых цифровых, удаленных промышленных и образовательных технологий в действующие производственные процессы, что стимулирует не только привлечение инвестиций в цифровые процессы, но и открывает бизнесу любого масштаба возможности значительного повышения эффективности деятельности и снижения затрат за счет оптимизации транзакций по технологии P2P (peer-to-peer).

Идеей цифровой трансформации охвачен весь мир и цифровизация экономики и образования это наиболее перспективные и стремительно развивающиеся направлений развития.

При обучении студентов транспортных вузов необходимо дать определение что такое блокчейн (БЧ). Студенты должны знать, что БЧ

© Паутов Е. Д., 2021

это вид распределенного реестра данных, универсальная транзакционная книга, регистрирующая и отслеживающая каждую выполненную в ней операцию, которая распространяется по всемирной сети Интернет в тысячах не редактируемых копий через одноранговую модель и защищается передовыми криптографическими методами. Наиболее близкое значение – это бухгалтерская книга учета – общедоступная глобальная книга, которая позволяет пользователям фиксировать и просматривать все транзакции сети. Технология БЧ основана на программном обеспечении с открытым исходным кодом, которое полностью децентрализовано, а управление всеми транзакциями или выпуск новых валют производится собственно сетью. Для управления всеми этими транзакциями биткойн или любое подобное программное обеспечение использует цепочку блоков, которая криптографически защищена и которая используется в качестве общего реестра [1].

БЧ является технологией общего назначения и может быть применена во многих отраслях промышленности.

Каждое обновление представляет собой новый «блок», добавленный в конец «цепочки». Протокол управляет тем, как инициируются, проверяются, записываются новые записи и распределяет их. В blockchain, криптология заменяет сторонних посредников в качестве доверительной стороны, при этом все участники БЧ, выполняющие сложные алгоритмы, удостоверяют единство в целом.

С начала 1990-х годов проводились эксперименты с технологией БЧ, но широкое распространение он получили только в 2008 году, после выпуска «Белой книги» отдельным лицом или группой лиц, работающих под псевдонимом Сатоши Накамото. Первой известной разработанной технологией БЧ, стал протокол Биткойн, который также является именем первой широко используемой, децентрализованной криптовалютой. «Биткойн» также относится к сетевому протоколу, лежащему в основе криптовалюты. Термин БЧ становится все более популярным среди населения и автоматически ассоциируется с «цепочкой блоков» и платформой биткоин, однако существуют и другие БЧ платформы, например, Ethereum.

Одним из главных преимуществ внедрения БЧ в морскую индустрию является оптимизация «бюрократии». При международных перевозках компании и таможенники вынуждены заполнять более 20 различных видов документов (большинство из них бумажные) для перемещения товаров от экспортера к импортеру [2].

Большинство этих документов не обеспечивают видимость в реальном времени и качество данных, что часто приводит к сбоям в

финансовых расчетах. Такие задержки и неэффективность трудно принять в цифровом мире, основанном на данных [3]. Международный консорциум судоходных компаний и Европейской таможни протестировал БЧ-решение, исключающее из процесса печатные отгрузочные документы.

1. Содержание учебного материала по типологии организации, методам хранения и внедрения технологии блокчейна для обучения студентов транспортных вузов

При обучении студентов транспортных вузов необходимо подчеркнуть, что технология БЧ является растущей областью, представляющей интерес для многих отраслей в Европе и за ее пределами [4]. Технология распределенного реестра, а в особенности сети-БЧ, – это главный для всего финансового рынка вектор развития XXI века. По причине того, что это более удобный и универсальный способ хранения информации и проведения всех видов транзакций, который экономит огромные ресурсы и повышает надежность [5-6].

Использование технологии БЧ обуславливает изменения во многих элементах надзора и учета. Торговые процессы и обмен информацией на флоте становятся прозрачными, более безопасными, быстрыми и существенно более дешевыми, за счет отсутствия разного рода издержек, например: затраты на спецификацию и заключение контракта, издержки юридической защиты, банковские комиссии [7-8]. Для банковских учреждений, бирж и иных финансовых институтов новые технологии открывают глобальные перспективы развития всей системы операций [9]. Но, несмотря на потенциальные возможности, БЧ также является серьезной угрозой для индустрии финансовых посредников.

Главная возможность исследуемой технологии взаимодействия базируется на двух основных элементах. Во-первых, идентичные записи, содержащиеся в конкретной ячейке, хранятся на множестве компьютеров по всему миру, и любая попытка изменить существующую запись проверяется всеми участниками системы, согласно исследованию [10]. Внесение записи происходит на основании так называемого консенсуса, то есть подтверждения истинности записи участниками сети. Каждая подтвержденная запись становится доступной всем участникам системы одновременно [11].

В статье [12] выделяется три типа БЧ: публичные (Bitcoin, Ethereum,Litecoin и т. д.), Федеративные или Консорциумные (R3, B3I, EWF) и частные (внутренние компании). Первая – это публичная и анонимная технология, созданная без разрешения, что означает отсутствие требований к программному обеспечению, позволяющему любому участвовать, таким образом, полностью децентрализованная. В

2008 году Сатоши Накамото (псевдоним человека или группы людей, чья личность никогда не была публично подтверждена) разработал криптовалюту, называемым «биткойн», который представляет собой одноранговую электронную кассовую систему, позволяющую двум сторонам осуществлять платежи напрямую, исключая необходимость в доверенной третьей стороне или посреднике, в финансовых транзакциях. Эта публичная цепочка использует систему «доказательство работы» для проверки и обслуживания узлов, в то время как два других типа также децентрализованы внутри своих пользователей, или, другими словами, централизованы для разрешенного доступа пользователей к сети и требуют, чтобы поставщик решений разрабатывал цепочку. Их система консенсуса аналогична разработанной Накамото [13], но отличается доступностью.

БЧ, независимо от типа, сохраняет последний блок, записанный во всех узлах цепочки, тем самым экономя требования к дисковому пространству. Тем не менее, необходимо где-то построить эту цепочку. Когда решается, какой тип БЧ будет реализован, необходимо выбрать необходимое ему решение. Существует несколько поставщиков в нескольких вариантах: программное обеспечение и программное обеспечение как сервис/услуга (SaaS); облачная база и БЧ как сервис/услуга (BaaS). [14] Основными поставщиками сервисов/услуг на данный момент являются Amazon с AWS BaaS, Microsoft с Azure BaaS и IBM с их BlueMix BaaS. Однако основным БЧ-решением является Hyperledger, проект Linux Foundation с открытым исходным кодом, запущенный в 2015 году вместе с 17 другими компаниями для совместной разработки технологии и продвижения в кросс-бизнес-использование. Существуют и другие платформы с открытым исходным кодом с той же целью, такие как Iroha, БЧ-платформа C++, и Cello. Таким образом, разработчики имеют облачную среду с возможностью мгновенного развертывания БЧ, обеспечивающую быструю разработку смарт-контрактов.

2. Анализ и отбор учебного материала по теме «Особенности организации технологий блокчейн для обучения студентов вузов в области морского и речного транспорта

При проектировании методики обучения студентов морского и речного транспорта необходимо учитывать, что на протяжении многих лет морская отрасль зарекомендовала себя в качестве ключевого участника цепочки поставок, либо за счет своих подотраслей, либо за счет поддержки бизнеса и обеспечения его роста. Само судоходство также стало дифференцирующим фактором среди предприятий и преимуществом для них в расширении своего рыночного охвата [15].

Однако на этом пути отрасль сталкивается с некоторыми старыми известными препятствиями, такими как циклы отгрузки, а также с критическими проблемами и выбором, которые могут означать выживание компании в отрасли. Морская промышленность является одной из наиболее пострадавших отраслей промышленности от новых более строгих правил и положений [16], в основном применяемых Международной морской организацией (ММО) и Европейским союзом (ЕС), а также другими глобальными договорами. То, как справиться с такими вызовами, требует разнообразных решений и может стать хорошей возможностью для инновационных технологий [17-18]. В отрасли уже проведено несколько исследований, прототипов и других инноваций, таких как прототипы необитаемых судов, технологическое управление и машинные отделения, искусственный интеллект для обучения и обучения, «зеленые» виды топлива и аккумуляторы и т. д. Экологическое соответствие флота требованиям местной и глобальной торговли стало большой проблемой для морской отрасли, поскольку законодательство постоянно обновляется в соответствии с новыми и более высокими стандартами [19]. Данные находятся в центре внимания цифровизации судоходства, в основном обусловленной оффшорными и конвейеризированными перевозками, поскольку плохое управление информацией может составлять до 20% операционного бюджета. Ян Вильгельмссон, вице-президент по судоходству Eniram, компании Wartsila systems developing, возглавил исследование для компании по разработке своей новой системы мониторинга эффективности флота, чтобы выяснить, как морская индустрия развивается в результате цифровизации. Его выводы показали, что круизная индустрия находится на пути к реальной цифровой трансформации, заметно опережая другие, в то время как грузовой сегмент является смешанным, будучи в основном продвинутым на берегу. Ян Вильгельмссон разделил индустрию на категории цифровой эволюции, чтобы понять различия, сделав вывод, что цифровизация судоходства – это единственное решение для морской отрасли.

Морской транспорт и логистика уже некоторое время применяют технологии, основанные на данных, с несколькими примерами, включая первое БЧ-приложение Maersk. Еще одно новшество – это стартап под названием Xeneta, который начал собирать данные с контейнерных лайнеров и отслеживать более 60 000 маршрутов по всему миру, позволяя грузоотправителям получать реальную ценовую информацию для бенчмаркинга, а не прошлые статические данные; таким образом, обеспечивая прозрачность ценообразования и поддерживая переговоры по контрактам [20]. Интеграция систем радиочастотной идентификации

(RFID) через Интернет вещей (IoT) с целью создания ценности для цепочки на основе данных является еще одним примером, обусловленным потребностями бизнеса. Использование RFID-меток, по оценкам, увеличится до 209 миллиардов единиц к 2025 году, поскольку сенсорная технология может снизить эксплуатационные расходы на 10-25%. Наиболее актуальное применение IoT в отрасли – это маркировка транспортных контейнеров с помощью GPS для облегчения управления их потоком через транзитные узлы. Это также позволяет отслеживать товары и суда в режиме реального времени, а также обслуживать клиентов быстрее, поскольку данные метки предоставляют информацию в режиме реального времени об одном или нескольких конкретных контейнерах [21]. Другой пример – портовые операции. Поскольку судоходные компании и другие логистические модели яростно конкурируют за портовое пространство и ресурсы, собранные данные не делятся между коллегами. Специалисты считают, что количество контейнеров, проходящих через Гамбургский порт, увеличится с 9 миллионов в 2013 году до 25 миллионов в 2025 году, и он решил свою проблему обмена данными, потребовав от всех сторон подключения к единой системе данных. Инновационный сценарий в морской промышленности, по-видимому, развивается и быстро растет. Норвежская компания DNV-GL уже начала предоставлять облачные решения и цифровые предложения. Его основное программное обеспечение обеспечивает интеграцию с машинным обучением и между анализом исторических данных и прогнозом будущего с целью полной интеграции в IoT в будущем. Такие приложения позволят осуществлять интеллектуальные операции с данными и управление активами с помощью другой технологии, называемой «цифровой двойник», которая в основном представляет собой цифровую модель актива, представляющую его глубокие характеристики профиля, такие как: системы, программное обеспечение, поведение, потребности, требования, обеспечивая анализ, восприятие и диагностику при полной интеграции со всеми стадиями/заинтересованными сторонами [22-24].

3. Особенности содержания учебного материала для обучения студентов блокчейн технологиям для вузов в области морского транспорта

При учете особенностей содержания учебного материала для обучения студентов блокчейн технологиям для вузов в области морского транспорта необходимо учитывать, что БЧ технология еще не полностью распространилась на водном и, в частности, морском транспорте, она все еще занимает место в дискуссиях специалистов о возможности реализации приложений.

Одним из хороших примеров является экспедитор the Marine Transport International Limited (MTI). В 2016 году MTI объявила, что использует публичную БЧ-книгу под названием Trustmetm для выполнения новых требований к проверенной массе брутто упакованных контейнеров, введенных с июля 2016 года договаривающимися правительствами в соответствии с договором СОЛАС международной морской организации (Международная конвенция «О безопасности человеческой жизни на море»). Новые правила передали грузоотправителю ответственность за обеспечение того, чтобы право было предоставлено терминалу или перевозчику для погрузки на судно. Затем компания начала использовать Blockchain через TrustMeTMin, чтобы обеспечить постоянную и видимую запись для портовых чиновников, грузоотправителей и грузовладельцев, таким образом, устраняя необходимость в промежуточных транслируемых данных, частных базах данных, журналах и электронных таблицах [25].

Эта технология также была применена для обеспечения единой торговли энергоносителями на товарных рынках. Возобновляемых источников энергии трейдера, Вольт рынков, реализовано на публичных блокчейнах для обеспечения гарантий торговли и абсолютной слежения за альтернативной и возобновляемой энергетики сертификатов, в то время как в январе 2017 года, еще один торговый дом, Mercuria, проведенной технологии на крупных нефтяных торговля в ING и SociétéGénérale банков.

Другое применение в морской промышленности в основном для того, чтобы решить комплаенс-регулирования, вопросы документации и происхождение обеспечение также это обеспечение связи и автоматизации. БЧ мог бы решить цифровизацию морского коносамента (BoL), важнейшего документа в рамках отгрузки, обеспечивая анимируемую цепочку, доступную всем необходимым частям в течение 10 минут с момента ее создания. Документ представляет собой договор перевозки и документ о праве собственности/квитанции, и в соответствии с действующим законодательством оригинал документа должен быть предъявлен грузополучателем для разрешения доставки груза. Этот документ часто задерживается из-за банков и других проблем, что приводит к тому, что груз обычно прибывает в порты до создания первоначального BoL или к мошенничеству. К таковым относится: документ, составленный и подписанный до фактической погрузки судна или измененный после доставки груза с поддельными подписями, банковскими гарантиями и неправильным описанием груза. БЧ-приложение для поддержки BoL было одним из первых исследованных приложений в морской отрасли и, вероятно, является

одним из самых продвинутых, наряду с контейнерными перевозками, уже имеющих рамки и модели внедрения. Израильский стартап под названием Wave фокусируется на создании безбумажной торговли для судоходной торговли, применяя БЧ для создания и отслеживания BoL. Его главный конкурент, Skuchain, расположен в Калифорнии, который верит в эволюцию «совместной торговли», являющейся интеграцией всех частей всех цепочек поставок, участвующих в торговле, обмене информацией и сотрудничестве в направлении торговли. Существует также консенсус в отношении того, что расходы являются основным фактором и барьером для внедрения технологий, а также сопутствующими издержками, связанными с ИТ, такими как: зависимость от консультантов и третьих сторон, потребность в обучении, потребность в конкретных личных и других возможных требованиях, таких как интеграция программного обеспечения. Готовность к инновациям напрямую связана с этими факторами, а также с тем, чего можно ожидать от инноваций. Опять же, главным критерием успеха является стоимость, поскольку именно снижение затрат является самой большой мотивацией для инноваций.

Из результатов исследования [26], можно сформировать примерную структуру реестра в морской организации (рис. 1). Эта простая концепция сохранения достоверного списка передач актива/активов, которая позволяет систематизировать передачу и накопления капитала. Лицо или организация, которые физически владеют или контролируют публичную регистрацию (включая сервер, на котором находится реестр, в случае онлайн-публичного реестра) находится в положении значительного влияния.

Транзакция №	Дата и время	Отправитель	Активы	Получатель
#	дд-мм-гг чч:мм	Человек 1	Описание передаваемого актива, например, денежная единица, акт передачи имущества или сертификат	Человек 2

Рис. 1. Примерная структура реестра

Для совершенствования использования БЧ на водном транспорте, будет показана работа эксклюзивного БЧ (ЭБ). ЭБ может не использовать «доказательство работой» для организации децентрализованного хранения данных и быть полностью автономным [27], однако для повышения уровня доверия Клиентов и безопасности

системы целесообразно создание эксклюзивного БЧ организации и его подключение к общедоступному БЧ.

В модели с привязкой эксклюзивного БЧ к публичному, по сути, используется внешнее «доказательство работой», что обеспечивает неизменность истории транзакций в системе. Более того в такой системе возможно гибко настраивать формат привязки (например, можно фиксировать только определенные транзакции из основного БЧ) и проводить автоматические проверки. На рис. 2 изображено взаимодействие публичного и эксклюзивного БЧ.

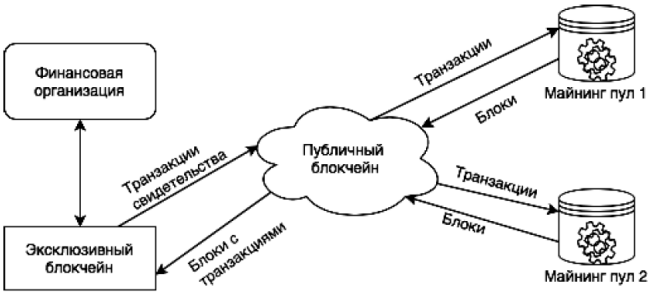


Рис. 2. Взаимодействие публичного и эксклюзивного блокчейнов

В соответствии с технологией, операторы эксклюзивного БЧ время от времени отправляют хэши заголовков блоков для включения в поддерживающий публичный БЧ в виде транзакций-свидетельств. Функционал финансовой организации в такой модели заключается в создании эксклюзивного БЧ, где будут функционировать определённое количество нодов. Ноды должны обеспечивать запись новых транзакций в блоки (очередность обработки транзакций нодами может задаваться, например, по расписанию) и формирование зашифрованной транзакции-свидетельства для записи в общедоступный БЧ. Транзакция-свидетельство может содержать в себе пул транзакций за определенный промежуток времени. После подтверждения публичным БЧ записи транзакции-свидетельства историю транзакций невозможно будет изменить, а также включенная в поддерживающий БЧ информация может быть проверена пользователями эксклюзивного БЧ. Для атаки на цепь, защищенной привязкой к публичному БЧ, злоумышленнику требуется преодолеть механизмы консенсуса как для эксклюзивного БЧ, так и для поддерживающей цепи, что является достоинством данного подхода.

Таким образом, студенты вузов в области морского транспорта при изучении БЧ технологий сформируют компетенции в области БЧ, в частности связанные со знаниями о том, что БЧ способен не только ускорить операции, но и создавать эксклюзивные БЧ проекты, используя которые организации морской отрасли могут экономить сотни миллионов долларов ежегодно. Студенты будут знать, что БЧ не только ускоряет проверку грузов, но и минимизирует риск получения штрафов за таможенное несоблюдение правил, которые взимаются с клиентов [28].

Заключение

Применение БЧ технологий для обучения студентов транспортных вузов, по нашему мнению, является крайне важным и актуальным разделом современных ИТ. В процессе обучения студенты должны понять что уже в настоящее время существуют готовые решения по применению БЧ технологий к морскому транспорту. Студенты должны знать, что БЧ позволяет компаниям вести зашифрованную, неизменяемую книгу транзакций, которой можно доверительно делиться в рамках выбранной сети благодаря концепции peer-to-peer (P2P), устраняя вовлеченные третьи стороны, тем самым экономя деньги за счет снижения затрат. Применяемая технология должна снизить издержки, чтобы иметь возможность оставаться прибыльной и преодолевать препятствия, создаваемые глобальным энергоснабжением и спросом, превращая их в возможности, соблюдая при этом требования законодательства, предъявляемые ответственными глобальными регулирующими органами. Технология имеет широкий диапазон применимости, позволяя более эффективно соединять цепочку поставок, обеспечивая обмен и видимость проверенных временем данных, снижая эксплуатационные расходы отрасли с помощью посредников и повышая безопасность [29]. Методики обучения студентов должны отражать реальную информацию о том что уже существующий БЧ обеспечивает полную видимость информационных процессов для всех участников сторон, участвующих в «доказательстве работы», облегчая инспекции «классовых обществ», государственный контроль порта и аудит соответствия требованиям. Но при этом студентам важно дифференцировать технологию, чтобы взаимодействовать с ней, подчеркивать, что это не программное обеспечение для анализа данных, не поставщик хранения данных и не сервер. Обучаемым необходимо разбираться в существующих БЧ технологиях, понимать какая из них лучше всего справляется с тем, что «обещает—создает», обеспечивает децентрализованный публичный или контролируемый доступ к бухгалтерской книге, которая является

неизменной, безопасной и проверенной временем хэш-системой, позволяющей устранить третьи стороны и связанные с этим затраты.

Список литературы

1. Imbault, F. The green blockchain: managingdecentralized energy production and consumption / F. Imbault [et al.] // IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2017 IEEE Industrial and Commercial PowerSystems Europe (EEEIC/I&CPS Europe). – 2017. – P. 1-5.
2. Безопасность экономических информационных систем на морском флоте : монография / Г. П. Евдокимов [и др.] ; Центр. н.-и. и проект.-конструкт. ин-т мор. флота (ЦНИИМФ). – СПб. : ЦНИИМФ, 2005 (Луга (Ленингр. обл.) : Муницип. образоват. учреждение доп. образования детей «Компьютерный центр»). – 140 с.
3. Информационные технологии менеджмента на морском флоте : учеб. пособие / Г. П. Евдокимов [и др.]; Центр. науч.-исслед. и проект.-конструкт ин-т мор. флота (ЦНИИМФ). – СПб. : Центр. науч.-исслед. и проект.-конструкт. ин-т мор. флота, 2005 (Луга (Ленинградская обл.) : Муниципал. образоват. учреждение дополнительного образования детей Компьютерный центр). – 100 с.
4. Кирилова, Д. А. Blockchain, как новая технология для разработки / Д. А. Кирилова, Н. С. Маслов, А. Д. Рейн // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 34-38.
5. Абрамян, Г. В. Информационная безопасность экономических информационных систем на морском флоте / Г. В. Абрамян // Санкт-Петербург, издательство ЦНИИ морского флота, 2005. – 140 с.
6. Аксенов, Д. А. Направления и особенности применения блокчейн-технологии в экономике / Д. А. Аксенов, А. П. Куприков, П. А. Саакян // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2018. – № 1. – С.30-39.
7. 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. – СПб., 2015. – С. 668-673.
8. Абрамян, Г. В. Автоматизация маркетинговой деятельности предприятий сервиса с использованием Web-представительства в Internet / Г. В. Абрамян // Проблемы развития экономики и сферы сервиса в регионе. – СПб ГУСЭ. Сыктывкарский филиал, 2012. – С. 8-9.

9. 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. – СПб., 2015. – С. 663-667.

10. Абрамян, Г. В. Модели экономической, финансовой и информационно-образовательной коллаборации в Евразийском пространстве на основе современной AGILE методологии и горизонтальных систем управления на основе адаптивных умений и навыков SOFT SKILLS / Г. В. Абрамян // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста – материалы 2-й Международной конференции. – 2016. – С. 15-22.

11. Апатова, Н. В. Анализ влияния блокчейн-технологии на финансовую систему / Н. В. Апатова, О. Л. Королев, А. П. Круликовский // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2017. – № 6. – С. 31-39.

12. Михайлов, С. В. Блокчейн в современном правоприменении / С. В. Михайлов, Н. В. Пономарева, Л. Б. Прудникова // Философия права. – 2019. – № 1 (88). – С. 60-65.

13. В чём разница между частным и публичным блокчейном [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://coinspot.io/beginners/v-chyom-raznica-mezhdu-chastnym-i-publichnym-blokchejnom

14. Crosby, M. Blockchain technology: beyond bitcoin / M. Crosby [et al.] // Appl. Innov. – 2016. – № 2(6). – P. 6–10.

15. 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 // Санкт-Петербургский политологический журнал. – 2015. – С. 668.

16. Heutger, M. Blockchain in logistics: perspectives on the upcoming impact of blockchain technology and use cases for the logistics industry [Электронный ресурс] / M. Heutger, M. Kuckelhaus // Режим доступа : https://www.logistics.dhl/content/dam/dhl/global/core/ documents/pdf/glo-core-blockchain-trend-report.pdf

17. Hackius, N. Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat? [Электронный ресурс] / N. Hackius, M. Petersen // Режим доступа : https://tubdok.tub.tuhh.de/bitstream/11420/1447/1/petersen_ hackius_blockchain_in_scm_and_ logistics_hicl_2017.pdf

18. Абрамян, Г. В. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решения при управлении предприятиями сферы финансов, экономики и образования / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Перспективы и пути развития образования в России и в мире. – Дагестанский ИПКПК, 2013. – С. 14-21.

19. Абрамян, Г. В. Система международного научного сотрудничества и модели глобализации профессионального образования и науки в информационной среде стран БРИКС / Г. В. Абрамян // Региональная информатика «РИ-2014». – 2014. – С. 290-291.

20. Мащенко, П. Л. Технология блокчейн и ее практическое применение / П. Л. Мащенко, М. О. Пилипенко // Наука, техника и образование. – 2017. – № 2 (32). – С. 61-64.

21. Абрамян, Г. В. Программные продукты инвестиционного и финансового анализа сферы услуг / Г. В. Абрамян // Экономика и управление в сфере услуг: перспективы развития. – СПб ГУП, 2006. – С. 102-106.

22. 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.

23. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, Б. Т. Мозгирев // ЛГОУ им. А. С. Пушкина. СПб., 2004. – 100 с.

24. Компьютерные технологии в науке и производстве: методические указания по выполнению курсовой работы для магистратуры направления 080100.68 (521600) «Экономика» / Р. Р. Фокин [и др.] // СПБ ГУСЭ, 2009. – 78 с.

25. Абрамян, Г. В. Системы моделирования информационных процессов управления в сервисе / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Региональная информатика «РИ-2012». – 2012. – С. 300.

26. Абрамян, Г. В. Интеграция региональной опорной точки доступа с национальными глобальными сетями на основе компьютерных коммуникаций / Г. В. Абрамян // Ученые записки ЛГОУ. – ЛГОУ, СПб., 1998. – С. 151-156.

27. Czachorowski, K. The application of Blockchain Technology in the Maritime Industry [Электронный ресурс] / K. Czachorowski, M. Solesvik, Y. Kondratenko // Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/327975787_The_Application_of_Blockchain_Technology_in_the_Maritime_Industry

28. Открытые и закрытые блокчейны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://forklog.com/wp-content/uploads/public-vs-private-pt1-1.0-ru.pdf

29. Абрамян, Г. В. Структура и функции информационной системы мониторинга и управления рисками развития малого и среднего бизнеса Северо-западного федерального округа / Г. В. Абрамян // Аудит и финансовый анализ. – 2017. – № 5-6. – С. 611-617.

Современные платформы дистанционного образования в системе обучения ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова

В. Н. Староверова, email: staroverova61@mail.ru

Государственный университет морского и речного флота
им. адмирала С.О. Макарова

Аннотация. *В статье рассмотрены платформы СДО «Фарватер», телекоммуникационные программные средства и сервисы Skype, Zoom, Вконтакте, WhatsApp, Mail.ru, Discord, которые в настоящее время используются для дистанционного обучения в государственном университете морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова в качестве альтернативных платформ дистанционного образования.*

Ключевые слова: *платформы, дистанционное обучение, СДО «Фарватер», Skype, Zoom, Вконтакте, WhatsApp, Mail.ru, Discord, ГУМРФ.*

Введение

В «Концепции создания и развития единой системы дистанционного образования в России», которая утверждена постановлением Государственного Комитета Российской Федерации по высшему образованию от 01.01.01 г. № 6, дистанционное образование (ДО) определено как комплекс образовательных услуг, предоставляемых широким слоям населения в стране и за рубежом с помощью специализированной образовательной среды, основанной на использовании новейших информационных технологий, обеспечивающих обмен учебной информацией на расстоянии (спутниковое телевидение, компьютерная связь и т.д.). Процесс получения знаний, умений и навыков в системе ДО получил название дистанционного обучения [1]. Однако, если термин «дистанционное» связывать лишь с тем обстоятельством, что основную часть учебного времени обучаемый проводит на большом расстоянии от преподавателя, так что основными средствами коммуникации являются письменные (печатные) материалы независимо от формы носителя (бумага, флеш-карты, облачные хранилища, магнитные, оптические носители и т.п.) или электронные средства связи (телефон, факс, электронная почта и др.) [2-3], то в этом контексте разумно говорить о инновационном, нелинейном/синергетическом дистанционном обучении [4-7] в условиях

© Староверова В. Н., 2021

самоизоляции граждан при вирусной пандемии как образовательной технологии, которая может быть легко интегрирована в любую форму электронного/цифрового образования [8-11].

Оперативный переход обучения бакалавров в условиях подготовки к переходу к ФГОС ВО 3+ с учетом российских профессиональных стандартов на дистанционные технологии в вузах в условиях пандемии [12] имеет существенные отличия от онлайн-обучения на основе массовых открытых онлайн-курсов (МООК):

– названия «дистанционный» и «онлайн» указывают на разные понятия. В первом случае на способ общения с преподавателем – на расстоянии, а во втором на средства получения знаний – через различные модели использования сети интернет [13];

– дистанционное обучение – это полноценный самостоятельный обучающий курс, а электронный метод – скорее вспомогательный инструмент;

– дистанционное обучение дает более длительное и глубокое погружение в тему, онлайн чаще применяется для узких направлений.

Образовательные организации перенесли процесс работы со студентами в дистанционный формат коммуникаций в целях снижения рисков распространения коронавируса при оценке эффективности «онлайн-обучения» с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ). В условиях угрозы распространения коронавирусной инфекции большинство университетов и колледжей по рекомендации Министерства науки и высшего образования РФ приняли решение о переходе на дистанционное обучение. В связи с этим все очные занятия, включая лекционные, практические и даже лабораторные при наличии виртуальных аналогов, были перенесены в онлайн-среду. Преподаватели организовывают учебный процесс посредством дистанционных технологий обучения на основе различных способов доставки электронного контента платформ СДО «Фарватер», образовательный портал, Skype, Zoom, Вконтакте, WhatsApp, Mail.ru, Discord обучающихся и преподавателей в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС).

Платформа – это совокупность взаимодействующих между собой аппаратных средств и операционной системы, под управлением которой функционируют прикладные программы и средства для их разработки.

1. Платформы дистанционного образования в ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова

Дистанционное образование используется во многих учебных заведениях. Дистанционное обучение – это форма получения знаний, успешно конкурируя с традиционным посещением занятий. Для

сравнения платформ рассмотрим различные транспортные вузы. В таблице указано, какие платформы используются в различных транспортных вузах, их функции и проблемы.

Таблица

Используемые платформы

№	Вуз	Платформы	Ссылки	Проблемы
1	ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова	СДО «Фарватер», образовательный портал	https://gumrf.ru/sveden/struct/us/ui/eios https://farvater.gumrf.ru/?redirect=0 https://edu.gumrf.ru/	долгая доработка и настройка системы; сложный интерфейс
2	Государственный университет путей сообщения императора Александра I	Электронная информационно-образовательная среда ПГУПС	https://www.pgups.ru/ https://sdo.pgups.ru/	долгая доработка и настройка системы; сложный интерфейс
3	Государственный университет гражданской авиации	Система дистанционного обучения ФГБОУ СПбГУГА	https://spbguga.ru/ https://spbguga.com/sdoguga/	сложный интерфейс

Сравнив платформы трёх разных университетов, можно подвести итог – у всех платформ идентичные проблемы при их использовании студентами и преподавателями. Это связанно с тем, что все платформы созданы на основе одной и той же платформы – Moodle.

1. СДО «ФАРВАТЕР». Электронная система дистанционного обучения (СДО) – это интернет-платформа, на базе которой дистанционно обучаются студены и преподаватели. Она позволяет: назначать видеоуроки, книги и курсы, тестировать и следить за успеваемостью. Онлайн-формат в этом случае дает дополнительные возможности – быстро охватить обучением сотни студентов и сотрудников, хранить гигабайты учебных материалов, применять в обучении интерактивные игры и тесты. Moodle это первая СДО с открытым исходным кодом. Многие вузы в условиях пандемии используют Moodle для онлайн-обучения студентов и преподавателей.

Достоинства:

– бесплатное распространение;

– возможность адаптации под конкретные цели и задачи, система имеет открытый системный код, поэтому ее легко изменять с помощью плагинов;

– систему можно устанавливать как на сервер, так и на локальный ПК преподавателя, тогда Moodle будет доступен только в корпоративной сети;

– платформа поддерживает международные стандарты обмена учебными материалами: SCORM и AICC, это позволяет внедрять в Moodle электронные курсы от различных разработчиков;

– имеет множество инструментов для создания электронных курсов. Можно свободно загружать видео-лекции, прикреплять файлы, тестовые задания и многое другое;

– возможность разработки в корпоративном стиле. Moodle позволяет подготовить интерфейс таким образом, что корпоративный стиль будет выражаться в полном соответствии с брендбуком компании.

Недостатки – отсутствие технической поддержки. Дело в том, что над исходным кодом работают множество программистов по всему миру, и коммуникация между участниками разработки затруднена.

2. Образовательный портал – компонент электронной информационно-образовательной среды. «Образовательный портал» – это универсальный масштабируемый Интернет-ресурс, представляющий различным группам пользователей (юридическим и физическим лицам) функционально полный спектр информации и образовательных услуг в области образования и педагогики, интегрированных в рамках единого интерактивного интерфейса. Образовательный портал, разработанный с учетом не только технических, но и психолого-педагогических требований [14], можно рассматривать в качестве инструмента высокого уровня, в состав которого входят многие средства очного и дистанционного обучения.

Достоинства:

– доступ обучающихся к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах;

– мониторинг и фиксация хода образовательного процесса, тестирование результатов промежуточной аттестации и результатов освоения основной образовательной программы [15];

– формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение работ обучающегося, рецензий и оценок на эти работы со стороны любых участников образовательного процесса;

– взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие, управления образовательными процессами и вузом в сети «Интернет» [16].

Недостатки:

– отсутствие времени на обдумывание размещаемой информации, на проработку деталей, логичность изложения, взаимосвязанность и т. п.;

– искать информацию на сайте крайне трудно;

3. Платформы для организации видеосвязи – Zoom, Discord, Skype.

Zoom Cloud Meetings – самая популярная в мире платформа для видеоконференций. Её бурный рост пришёлся на период пандемии коронавируса, когда все вынужденно ушли на удалённую работу. Главным преимуществом использования данного сервиса в вузе [17] является поддержка до 100 собеседников даже на бесплатном тарифе [18-19].

Достоинства:

– поддерживает до 100 пользователей;

– удобный минималистичный дизайн;

– бесплатный доступ к записи конференций;

– работает на операционных системах: Windows, Linux, iOS, Android;

– обеспечивает безопасность общения по видео, аудио и в чате;

– гибкая настройка платформы – более 70 параметров.

Недостатки:

– дорогие платные версии – от 12,5 долларов в месяц до 49 долларов в месяц за Zoom Rooms;

– в чатах не хранятся файлы: они передаются с устройства на устройство.

Skype остаётся одной лучших программ для видеоконференций больше 15 лет: сервисом пользуются 40 млн человек ежедневно. Скайпом можно пользоваться бесплатно. Исключение – звонки на стационарные или мобильные телефоны, не подключенные к интернету: они тарифицируются поминутно.

Достоинства:

– популярность;

– бесплатная функция распознавания речи;

– возможность позвонить на мобильный или городской телефон;

– работа на всех платформах и в браузере;

– хорошее качество связи на серверах Microsoft;

– подробные и гибкие настройки.

Недостатки:

– частые проблемы с безопасностью подключения;
– высокое потребление памяти.

Discord долгое время поддерживал только голосовые звонки. С мая 2020 года его можно бесплатно использовать ещё и для конференций по интернету. Теперь Дискордом пользуются не только фанаты видеоигр, но и учебные заведения с крупными компаниями.

Достоинства:

– защищённый канал соединения для звонков;
– низкое потребление оперативной памяти;
– работа как в приложении, так и в браузере без скачивания;
– гибкая настройка качества звука и изображения;
– подавление посторонних шумов и функция push-to-talk («нажми-и-говори»).

Недостатки:

– ограничение по числу участников – 10 человек;
– очень частые обновления – до нескольких раз в неделю;
– размер вложений в чате – не больше 8 Мб.

4. Мессенджеры – Вконтакте, WhatsApp, Mail.ru

Mail.ru – русскоязычный интернет-портал, принадлежащий технологической компании Mail.ru Group. Объединяет главную страницу сайта и тематические проекты, служит единой «точкой входа» для принадлежащих компании интернет-служб – почты, поиска, социальной сети «Мой мир», облачного сервиса, мессенджеров «Агент Mail.ru» и ICQ. [20]

Достоинства:

– оперативность;
– неплохая объемность пересылаемой информации;
– возможность архивации и защиты.

Недостатки:

– возможность взлома;
– возможность перехвата контента;
– недобросовестность модераторов.

Вконтакте – российская платформа с штаб-квартирой в Санкт-Петербурге. Сайт доступен на 89 языках; особенно популярен среди русскоязычных пользователей. «ВКонтакте» позволяет пользователям отправлять друг другу сообщения, создавать собственные страницы и сообщества, обмениваться изображениями, тегами, аудио- и видеозаписями, играть в браузерные игры [21].

Достоинства:

– ненавязчивая монетизация;
– профессионально сделанный функционал;
– приложения;
– минимум рекламы;
– доски объявлений;
– огромное количество аудио- и видеоконтента;
– развитая система поиска.

Недостатки:

– в «В Контакте» затруднительно сменить свое имя;
– «В Контакте» – одна из крупнейших баз нелегального контента;
– «В Контакте» – один из крупнейших источников рассылок спама и вирусов;
– недостаточный уровень приватности.

WhatsApp – популярная бесплатная система мгновенного обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой связи и видеосвязи. Позволяет пересылать текстовые сообщения, изображения, видео, аудио, электронные документы и даже программные установки через Интернет.

Достоинства:

– помимо работы на таких платформах, как iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry, Nokia Symbian и Nokia S40, у WhatsApp есть компьютерная версия клиента, а также web-версия, т.е. можно общаться в обычном браузере (для этого нужно просто зайти по адресу: web.whatsapp.com);
– WhatsApp уже достаточно известная программа;
– программа синхронизирует список контактов с телефонной книгой вашего iPhone, т.к. регистрация происходит по телефонному номеру;
– в WhatsApp можно создавать групповые чаты для общения по интересам. Максимальное количество пользователей для одного такого чата – 256 человек;
– бесплатные аудио- и видеозвонки, которые можно делать посредством Интернет-соеденинения (3G или Wi-Fi), т.е. за такие звонки не нужно оплачивать по тарифам вашего оператора, оплата идёт только за Интернет (мегабайты, если у вас помегабайтный тариф);
– с помощью WhatsApp можно отправлять не только фотографии и видео, можно делиться PDF-файлами (книгами, журналами), слайд-шоу и другими документами. Единственное ограничение – размер файла не должен превышать 100 Мб;
– фото, аудио и видео-материалы вначале отправляются на специальный HTTP-сервер, а потом уже передаются в уменьшенном

варианте конечному получателю. Это позволяет экономить интернет-трафик;

– можно использовать в сообщениях разметку для выделения *жирным*, ~~ и _курсивом_. Для этого просто поместите нужное слово между соответствующими символами при наборе;

– программа с 2016-го года полностью бесплатна. В данный момент у приложения нет никаких встроенных покупок.

Недостатки:

– нет официальной версии для iPad;
– программа не сильна в вопросах шифрования;
– программа перестала поддерживать iOS 6 и ниже;
– в Whats App нет стикеров, таких как в Telegram или Viber.

Заключение

В статье был проведен анализ платформ, которые используется в дистанционном обучении в ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова:

– СДО «Фарватер»;
– образовательные порталы;
– Skype, Zoom, Discord;
– сервис Вконтакте, WhatsApp, Mail.ru.

Основной проблемой использования платформ в настоящее время является сложная навигация. Использование платформ стало возможным благодаря эффективно организованному системному опережающему и ускоренному образованию педагогов, преподавателей и студентов на основе учета психолого-педагогических и дидактических условий использования средств ЭВТ в совершенствовании профессиональной деятельности педагогов и студентов [22-25]. В процессе занятий рассматривались особенности и проблемы информатизации образовательного процесса в условиях вирусной, пандемии интернационализации образования и цифровых инноваций [26-29].

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Особенности формирования системы дистанционного образования в России / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – РГПУ им. А. И. Герцена, ЛГОУ, СПб., 1999. – С. 86-89.

2. Абрамян, Г. В. Технологии дистанционного обучения с использованием телекоммуникаций / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – РГПУ им. А. И. Герцена, ЛГОУ. СПб., 1998. – С. 91-95.

3. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, Б. Т. Мозгирев // ЛГОУ им. А.С. Пушкина. – СПб., 2004. – 72 с.

4. Абрамян, Г. В. Синергетический подход как основа развития информационно-коммуникационных технологий образования / Г. В. Абрамян // Информационно-коммуникационные технологии: современные особенности и тенденции развития. – СПб ГУП. – 2007. – С. 4-6.

5. Абрамян, Г. В. Инновационные подходы в области обработки данных экспериментов по автоматизации систем управления вузом и обучения информационным технологиям в высшей школе / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, М. А. Абиссова // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 11. – С. 1898.

6. Абрамян, Г. В. Синергетический подход в сервисных и информационных технологиях нелинейного развития вузовского менеджмента качества, самоуправления и инжиниринга современных образовательных ресурсов на основе ПОС/ПУС пакетов SSME сервисов / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, М. А. Абиссова, А. А. Емельянов // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 10. – С. 1893.

7. Абрамян, Г. В. Синергетический подход – основа развития ИКТ образования / Г. В. Абрамян // Региональная информатика-2008 материалы XI Санкт-Петербургской Международной конференции. – 2008. – С. 197.

8. Хорошавин, А. А. Проблемы и трудности программно-технического обеспечения электронного обучения в педагогическом вузе / А. А. Хорошавин, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 88.

9. Абрамян Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии [Электронный ресурс] / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. – Режим доступа : http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29830

10. Абрамян, Г. В. Интеграция и использование электронных и традиционных форм обучения информатике и информационным технологиям в экономических вузах с использованием информационных технологий управления / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 1.

11. Ситдиков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков [и др.] //

Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18.

12. 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 РФ. – Пермь, 2015. – С. 120-122.

13. Фокин Р. Р. Метамодель развертывания Интернет-технологий обучения в региональном вузе для студентов гуманитарного и социально-экономического профиля / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Интернет. Общество. Личность: ИОЛ-2000. – 2000. – С. 32.

14. Абрамян, Г. В. Проект интеллектуальной информационной системы образовательных сервисов и услуг северо-западного региона / Г. В. Абрамян, С. А. Рысков / Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского ГУ. – 2016. – С. 1390-1392.

15. Абрамян, Г. В. Опыт разработки и использования адаптивных тестовых заданий в системе заочного обучения с элементами дистанционной технологии / Г. В. Абрамян // Развитие системы тестирования в России. – МГПИ. Центр ТВОУ РФ, 1999. – С. 101-102.

16. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и модели автоматизации управления автономным образовательным учреждением / Г. В. Абрамян // Региональная информатика «РИ-2010». – 2010. – С. 220-221.

17. Абрамян, Г. В. Сервисы обучения информатике и новая наука о сервисах, управлении и инжиниринге как основе инновационной деятельности в современной высшей школе / Г. В. Абрамян [и др.] // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 4. – С. 1783.

18. Горбачева, О. А. Виды и возможности интернет-сервисов и платформ для организации дистанционного обучения студентов вузов / Горбачева О. А., Горлова Ю. И., Никитина И. В. // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2020. – № 2 (87). – С. 157-160.

19. Котлярова, О. А. Специфика использования современных сервисов и платформ при организации учебного процесса в дистанционном формате / Котлярова О. А., Шумская Ю. В. // Современный ученый. – 2020. – № 5. – С. 73-79.

20. 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.

21. Кицела, К. И. Технология отбора мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде вуза / К.И. Кицела [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 92.

22. Абрамян, Г. В. Дидактические условия использования средств ЭВТ в совершенствовании профессиональной деятельности педагога. Дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / Г. В. Абрамян // РАО ИОВ. – СПб., 1994. – 214 с.

23. Абрамян, Г. В. Методологические принципы и средства развития педагога в информационной среде / Г. В. Абрамян // ЛГОУ им. А.С. Пушкина. – СПб., 2000. – 264 с.

24. 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.

25. Катасонова, Г. Р. Системный подход к формированию целей обучения информационным технологиям в условиях цифровизации образования / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Информационные технологии в образовании. – 2019. – С. 109-112.

26. Абрамян, Г. В. Опережающее образование педагога и проблемы его информатизации / Г. В. Абрамян // Человек и образование. – 2005. – № 2. – С. 16-19.

27. Абрамян, Г. В. Особенности средств информатизации в образовании учителя / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – ЛГОУ им. А. С. Пушкина. СПб., 2000. – С. 125-128.

28. 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.

29. 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.

Веб-квест «Путешествие по Органике» как средство мотивации учащихся к изучению химии и формирования их цифровой грамотности

О. В. Ушакова, email: ushakovaov-2007@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 2» г. Мичуринска Тамбовской области

Аннотация. *Рассмотрены возможности веб-квеста в качестве средства мотивации учащихся десятых классов к изучению основ органической химии и средства формирования цифровой грамотности старшеклассников.*

Ключевые слова: *Веб-квест, информационный ресурс, мотивация, химия, цифровая грамотность*

Введение

Роль химии в современном мире очень велика. Химические процессы окружают нас повседневно, это касается не только промышленного производства, бытовых моментов, но и химических реакций, протекающих в нашем собственном организме ежесекундно [1].

Однако, в большинстве 10 классов общеобразовательных школ в классах, не имеющих естественнонаучной направленности, на изучение химии отводится всего один час. Этого не достаточно даже для поверхностного знакомства с многообразием органических веществ. Тем более нет времени на раскрытие красоты всей органической химии. На наш взгляд, одним из средств мотивации учащихся к изучению химии и расширению знаний о классах органических соединений является внеурочное мероприятие, проводимое в форме веб-квеста.

Веб-квест «Путешествие по Органике» [2] был разработан для учащихся 10 класса с целью обобщения и систематизации знаний по основам органической химии, а также для популяризации химии и демонстрации ее прикладного характера.

Помимо своей основной задачи, данное мероприятие было направлено на формирование цифровой грамотности учащихся старших классов: знакомство с современными информационно-коммуникационными технологиями, разнообразными цифровыми ресурсами и сервисами Web-2.0.

© Ушакова О. В., 2021

Особу значимость данный веб-квест приобрел в связи с пандемией, так как совпал с периодом самоизоляции и дистанционного обучения.

1. Содержание веб-квеста «Путешествие по Органике»

Квест «Путешествие по Органике» состоял из пяти основных этапов, не считая введения и анализа результатов. Мы постарались охватить все основные разделы и вопросы органической химии, чтобы у учащихся была возможность в неформальной форме закрепить и расширить свои знания в области данной науки.

Помимо предметного содержания, на сайте было обращено внимание освоение информационных ресурсов: виртуальная доска (padlet.com), ресурсы web.2.0, платформа Powtoon, Google-документы и Google-формы.

В первую очередь обращаем внимание на страницу «Подводим итоги. Анализируем» [3], где собраны критерии оценивания по всем этапам путешествия. То есть, все действия, которые предлагались для выполнения участникам квеста, имели свои баллы, которые заранее были им представлены. Таким образом, выполняя работу, учащиеся могли ориентироваться на качественные и количественные показатели и сравнивать свой результат с эталоном (шаблоном).

На предварительном этапе необходимо было каждой команде создать виртуальные доски, на которых потом участники могли фиксировать свои результаты, оставлять комментарии для других команд, получать подсказки от тьютора.

Это было первое задание со своими критериями оценивания. Кроме того, здесь, как и в большинстве основных этапов квеста, предполагалось взаимооценивание команд, что могло принести дополнительные баллы.

Успешность выполнения заданий учителя, материалы, разработанные командами, можно было проследить по таблице продвижения [4]. Она служила учителю сигналом для проверки выполненных работ или для «подстегивания» отстающих участников квеста. А учащимся помогала выстроить грамотно свою образовательную траекторию, сопоставив работу своей команды с деятельностью коллег, и платформой для передачи информации (заданий) другим командам.

Задания, которые были предложены командам, отличались разнообразием на разных этапах квеста.

На первом этапе, во-первых, командам предлагалось выбрать номер задачи на нахождение формулы вещества по продуктам реакции и решить ее. Во-вторых, нужно было составить свое условие задачи и предложить ее для решения коллегам. Все задания имели

критериальные оценки, что позволяло учащимся выполнять задания, ориентируясь на них.

Второй этап «Еще раз про реакции» начинался с интерактивного задания, разработанного с помощью сервиса learningapps.org, позволившего учащимся погрузиться в проблему темы. Далее, необходимо было найти как можно больше именных реакций в органической химии и презентовать их коллегам. Во избежание путаницы и повторов, каждая команда фиксировала «своих авторов» в таблице продвижения. Повторы не разрешались. В случае затруднений с созданием презентации можно было воспользоваться подсказкой, расположенной на странице с заданиями.

Чтобы закрепить навыки написания химических реакций у десятиклассников, им было предложено совершить взаимообмен схемами реакций с заданными условиями для нахождения продуктов реакции.

Третий этап квеста «Углеводороды: это много или мало?» был посвящен многообразию углеводородов. Здесь учащимся предлагалось составить логико-смысловую модель выбранного ими класса углеводородов. А определить класс можно было, решив кроссенс. А затем обменяться с коллегами цепочками превращений, базирующихся на химических свойствах и способах получения выбранного класса. И здесь опять, как и на предыдущих этапах, немаловажную роль в успехе прохождения этапа играли критерии, заранее предложенные участникам.

Одним из самых интересных этапов для участников квеста оказался четвертый «Господин кислород», посвященный кислородосодержащим соединениям, так как задания отличались наибольшей практической направленностью. Здесь учащиеся должны были вспомнить систематическую и тривиальную номенклатуру кислородосодержащих соединений выбранного класса, области из применения. После чего была объявлена «охота» на этикетки продуктов, средств, на которых значились представители данного класса. Некоторые команды просто совершили прорыв, собрав более 100 этикеток разноплановых продуктов (пищевых и технических).

В завершении этапа учащимся было предложено ознакомиться с сервисом «Powtoon» для создания мультипликационных фильмов. Используя его возможности, необходимо было создать фильм, наиболее полно описывающий положительные и отрицательные стороны выбранного класса соединений.

Завершающий этап квеста не зря назывался «Обо всем понемногу». Школьникам предлагалось разгадать кроссворд и освоить сервисы веб

2.0 на платформе learningapps. Задания не ограничивались классами и темами органической химии. Их нужно было составить по 2 каждой команде и предложить для решения коллегам.

Для итогового оценивания участникам квеста был предложен тест [3], состоящий из 18 вопросов по всему курсу органической химии. Он включает в себя вопросы с выбором одного и нескольких правильных ответов, вопросы на соответствие и с открытой формой ответа. Здесь есть задания, нацеленные на проверку знаний учащихся общей формулы, номенклатуры, электронного строения и видов изомерии разных классов углеводородов, кислородо- и азотосодержащих соединений, их химических свойств. Имеются задания по оцениванию навыков десятиклассников решать цепочки превращения, характеризующие взаимосвязь разных классов соединений, и задач на нахождение формулы вещества.

Каждый вопрос имеет свою «цену», в зависимости от сложности и объема. Общее количество баллов, которое может получить учащийся, правильно ответив на все вопросы – 30. Здесь сразу важно обговорить перевод балльной системы в «оценочную». Скажем, для оценки «3» необходимо получить не менее 10 баллов, «4» начинается с 20 баллов, а «5» – с 27. В таком случае учащиеся представляют, какой объем работы им необходимо выполнить правильно, чтобы получить тот или иной результат.

Заключение

Наше виртуальное путешествие по органике длилось месяц. Перед проведение квеста существовали опасения, связанные с низкой мотивационной активностью учащихся 10 класса, особенно в отношении вопросов химии Нам казалось, что участники устанут, им будет неинтересно, они, в лучшем случае, выполнят задания, что называется, «для галочки». Однако опасения были напрасными.

Во-первых, итоговый тест показал, что знания всех участников квеста повысились по сравнению с итоговыми оценками I полугодия, и итоговые баллы теста у всех учащихся класса превышали минимальный порог.

Во-вторых, сами участники в ходе рефлексии отмечали, что расширили предметные навыки и приобрели многочисленные надпредметные компетенции, связанные с командной работой, умением планировать свою деятельность и анализировать полученные результаты, навыки оценивания и самооценивания, в чем немаловажную роль сыграло использование на протяжении всего квеста критериального подхода к оцениванию заданий.

Третьим результатом квеста явилось расширение навыков использования учащимися Интернет-сервисов, современных цифровых ресурсов, которые помогут в дальнейшем при создании презентаций проектов, исследовательских работ и общения с коллегами.

В целом можно сказать, что использование тематических веб-квестов во внеурочной деятельности способствует повышению уровня мотивации учащихся и их цифровой грамотности.

Список литературы

1. Роль химии в жизни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zen.yandex.ru/media/id/5e2d80cd3bf9af00b1649a7f/rol-himii-v-jizni-5e385a4d05c95d2719051dd2

2. Путешествие по Органике [Электронный ресурс] : сайт веб-квеста. – Режим доступа: https://orgtur.blogspot.com

3. В поисках органической истины [Электронный ресурс] : Google-форма. – Режим доступа: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSechwjQ-ovfxONe0YPLoVaSPHsIkOXpAO49KOPkW5FPBvHhFQ/viewform?usp=sf_link)

4. Таблица продвижения по квесту [Электронный ресурс] : Google-таблица. – Режим доступа: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1w681Gk-DElhYT0r6CN9dmgtw8i7xKt2H_1khu-W-AGM/edit#gid=0

Разработка тестов для оценки знаний обучающихся на цифровой образовательной платформе «Дневник.ру»

С. Т. Шевцова, email: shewtsowa.sweta2011@yandex.ru

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение
Калачеевская СОШ № 1

Аннотация. *В данной работе рассматриваются правила создания тестов для оценки знаний обучающихся на цифровой образовательной платформе «Дневник.ру».*

Ключевые слова: *цифровая образовательная платформа «Дневник.ру», список тестов, шаблон создания тестов, настройки теста, настройки вопроса, публикация теста.*

Введение

Жизнь современной школы невозможно представить без информационно-коммуникационных технологий. Актуальность использования ИКТ на уроках и во внеурочной деятельности определяется:

- стандартом среднего (полного) общего образования;
- информатизацией современного общества и образования;
- повышением эффективности процесса обучения;
- обеспечением наглядности и интерактивности;
- развитием интеллектуальных, творческих способностей и познавательной активности обучающихся;
- повышением качества обучения.

1. Система создания тестов в цифровой образовательной платформе «Дневник.ру»

Контроль знаний обучающихся является составной частью процесса обучения. Одной из форм контроля является тестирование. С системой создания тестов в цифровой образовательной платформе «Дневник.ру» на этапе контроля знаний обучающихся хотела бы ознакомить более подробно [1].

1. Откройте цифровую образовательную платформу «Дневник.ру» и перейдите в разделы «Приложение», «Центр приложений», в настройки модуля «Тесты», «Тестирование» (рис. 1). Пройдите по ссылке «Открыть».

© Шевцова С. Т., 2021

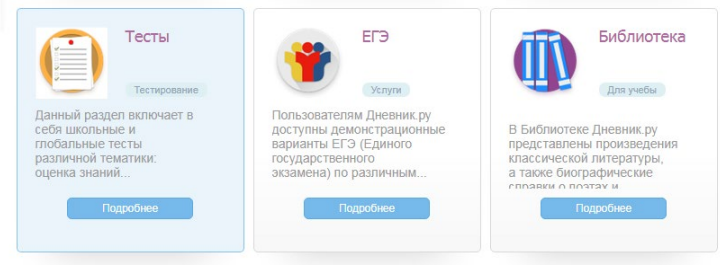


Рис. 1. Управление разделами

При входе на страницу отображается список тестов. По своему назначению они могут быть учебными или развлекательными, а по организатору – школьными или глобальными.

Для быстрой навигации внутри раздела «Тесты» используйте горизонтальное и вертикальное меню навигации:

– «Тесты»: переход к списку тестов;
– «Добавить тест»: создание теста;
– «Избранное»: личный список укажите тестов;
– «Пройденные»: личный список тестов, состоящий из пройденных тестов;
– «Мои тесты».

2. Для создания теста перейдите по ссылке «Добавить тест».

Создание теста происходит в несколько этапов, для этого необходимо указать в основных настройках (рис. 2):

– название теста (обязательно);
– описание;
– параллель;
– класс;
– тип теста (используя фильтр);
– период проведения теста;
– область видимости теста (используя фильтр);
– необходимость публикации.
– ограничение по времени;
– ограничение по количеству попыток;
– разрешён ли возврат к предыдущему вопросу;
– модель оценивания;
– разрешено ли свободное копирование теста или его частей;
– разрешён ли просмотр отчёта;
– порядок вывода разделов в тесте;
– порядок вывода вариантов ответа;

– ввод информации о регистрации на тест (если предусмотрено);
– публикация теста.

Необходимо заполнить все поля по форме и перейти по ссылке «Сохранить».

Примечание: есть возможность создать тест особого типа – «Тест для урока». Его особенность в том, что результат его прохождения выставляется как оценка за работу на уроке.



Рис. 2. Настройки теста

3. После сохранения вы автоматически перейдете на страницу со списком разделов (рис. 3).

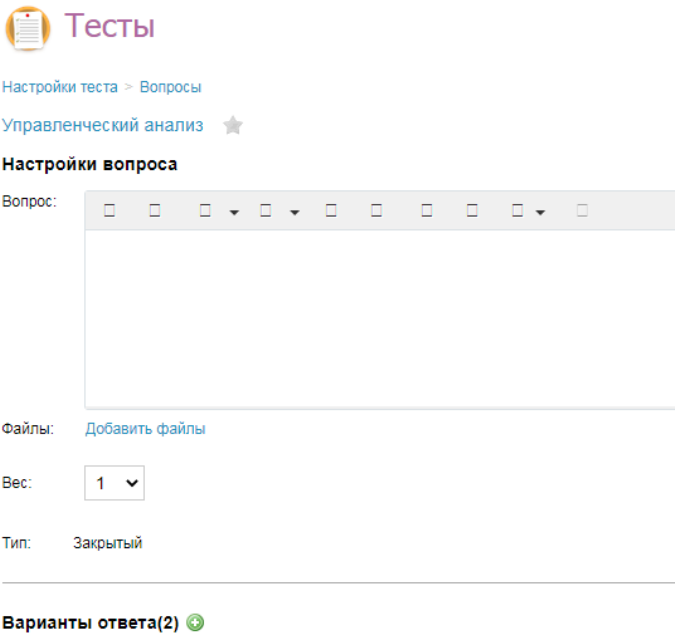


Рис. 3. Настройки вопроса

Для навигации внутри раздела используйте фильтры:

– «Настройка теста»: переход на страницу с настройками выбранного раздела;
– «Добавить раздел»: позволяет добавить нужные вам разделы;
– «Без разделов»: позволяет создать простой тест.

Для создания разделов в тесте:

– перейдите по ссылке «Добавить раздел»;
– задайте основные настройки раздела: укажите название, описание, задайте дополнительные настройки раздела;
– проверьте правильность заданных параметров и перейдите по ссылке «Сохранить».

После сохранения вы автоматически перейдете на страницу со списком разделов. На этой странице доступны ссылки для управления разделами:

– «Добавить раздел»: позволяет добавить нужные вам разделы;
– «Настройка»: переход на страницу с настройками выбранного раздела;
– «Удалить»: удаление выбранного раздела.

Для добавления вопроса:

– перейдите по ссылке «Добавить вопрос»;
– задайте настройки вопроса;
– введите вопрос;
– при необходимости прикрепите к вопросу файл;
– укажите вес вопроса;
– укажите тип вопроса;
– задайте варианты ответа.

Для внесения изменений в тест:

– нажмите на ссылку «Редактировать» рядом с настройками теста;
– для редактирования разделов и вопросов теста перейдите по ссылке «Разделы и вопросы»;
– для редактирования информации о регистрации на тест перейдите по ссылке «Страница регистрации»;
– обновите необходимую информацию и перейдите по ссылке «Сохранить».

Примечание: каждый тест может состоять из разделов и вопросов. Можно не разделять тест на разделы, тогда он будет состоять только из вопросов, для этого используйте ссылку «Без разделов».

Для вопроса открытого типа введите образец правильного ответа на вопрос.

Слева от названия вопросов расположены стрелки, позволяющие изменять порядок следования вопросов в разделе.

4. Когда тест составлен, указаны все настройки теста, заданы вопросы и ответы к ним, тест следует опубликовать, чтобы другие пользователи смогли пройти этот тест.

Для публикации теста:

– выберите тест, который хотите опубликовать;
– нажмите на ссылку «Редактировать» рядом с настройками теста;
– в настройки теста поставьте галочку напротив значения «Тест опубликован»;
– перейдите по ссылке «Сохранить».

Для удаления теста:

– выберите тест, который хотите удалить;
– нажмите на ссылку «Редактировать» рядом с настройками теста;
– нажмите на ссылку «Удалить» справа от кнопки «Сохранить».

Для прохождения теста:

– перейдите на страницу профиля теста;
– нажмите на ссылку «Пройти» с правой стороны;
– для перехода к следующему вопросу используйте ссылку «Следующий вопрос»;
– перейти к своим результатам можно, нажав на «Завершить тестирование»;
– после прохождения теста отображаются баллы и ответы на вопросы или только результат в баллах.

Для просмотра результатов прохождения теста выберите один из способов:

– перейдите на страницу профиля теста и нажмите на ссылку «Мой результат»;

5. Для того чтобы связать тест с работой на уроке, следует при создании или редактировании работы на странице урока в «Дневник.ру» в разделе «Работа на уроке» поставить «галочку» напротив поля «Тестирование» и выбрать тест из списка (рис. 4).

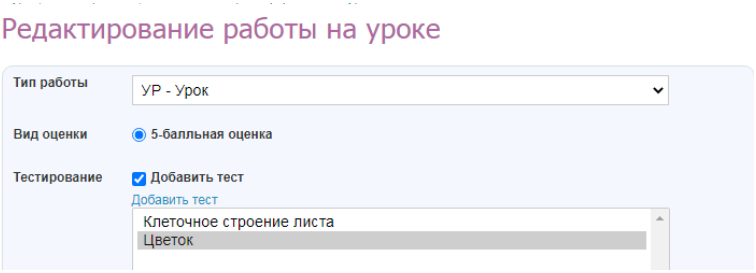


Рис. 4. Связывание теста с уроком

Заключение

Применение тестов на занятиях позволяет:

– определить уровень усвоения ключевых понятий и разделов учебной программы;

– проверить значительно больший объем усвоенных знаний по сравнению с обычными формами проверки;

– учитывать индивидуальные особенности учащихся в ходе проверки результатов обучения;

– проконтролировать качество усвоения учащимися теоретического и практического материала на каждом этапе обучения;

– сэкономить учебное время;

– обеспечить оперативность проверки выполненной работы;

– организовать работу по устранению пробелов в индивидуальном порядке.

Список литературы

1. Инструкция. Создание теста в Дневник.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://school11.irkutsk.ru/Dnevnik/instrukcija_test_v_dnevnike.pdf

Учебный курс «Основы мультимедийных технологий» как средство мотивации в 5-7 классах

И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru
Д. А. Гальцева, email: dariagaltseva@yandex.ru
Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru

МБОУ Отрадненская СОШ № 2

Аннотация. *В настоящее время школа видит своей основной целью – не сформировать и даже не воспитать, а найти, поддержать, развить человека в человеке и заложить в него механизмы самореализации, саморазвития, самоадаптации, самовоспитания.*

Ключевые слова: *развитие творческих навыков у детей младшего и среднего школьного возраста, мотивация, познавательная деятельность, среда программирования, информационная грамотность обучающихся.*

Введение

В настоящее время школа видит своей основной целью – не сформировать и даже не воспитать, а найти, поддержать, развить человека в человеке и заложить в него механизмы самореализации, саморазвития, самоадаптации, самовоспитания. Как сделать так, чтобы ребёнок заинтересовался? Для этого надо создать для него комфортные условия, создать ситуацию успеха, сделать урок интересным и увлекательным. Любой человек, в любом возрасте успешен в том, что для него привычно, что не вызывает чувства дискомфорта, снижает тревожность и минимизирует вероятность неудачи.

1. Учебный курс «Основы мультимедийных технологий» как средство мотивации в 5-7 классах

Наша школа новая, поэтому при разработке рабочих программ учебных курсов пришлось учитывать тот контингент учащихся, которые пришли учиться из разных школ области, города Воронежа и даже различных регионов Российской Федерации.

При разработке и реализации учебного курса «Основы мультимедийных технологий» возникли сложности:

- Как мотивировать детей на новые предметы?
- Дети из разных школ с разным уровнем подготовки;
- Велась – не велась информатика;

© Щербинина И. В., Гальцева Д. А., Кузнецова Т. М., 2021

– Нет дома компьютера!
– Как дать разноуровневые знания?
– Умеют пользоваться компьютером или даже не знают, как его включить!

Важную роль в формировании мотивации к обучению играет реализация программы преемственности. Преемственность важна на каждом переходном этапе: от дошкольного учреждения к начальной школе, от начальной школы к среднему звену. Но так как в прошлом учебном году мы не смогли в полной мере реализовать данную программу из-за эпидемиологических условий, период адаптации детей при переходе из начального звена в среднее значительно увеличился и осложнился. Поэтому, предвидя такие трудности и стремясь поддержать уровень мотивации учеников 5-х классов к учебной деятельности, администрацией нашей школы был предложен учебный курс «Основы мультимедийных технологий».

Поэтому при разработке примерного календарно-тематического планирования пришлось учитывать все эти особенности. В результате получилось планирование на первый учебный год, представленное в табл. 1.

Таблица 1

Примерное календарно-тематическое планирование 5 класс

№	Тема
1	Вводное занятие.
2	Знакомство с интерфейсом MS PowerPoint. Заполнение слайдов.
3	Конструктор слайдов. Настройка эффектов анимации.
4	Вставка рисунка, диаграммы, графика, звука, гиперссылки. Демонстрация презентации.
5	Знакомство со Scratch.
6	Управление несколькими объектами.
7	Последовательное выполнение команд. Вставка музыки в проект.
8	Интерактивность, условия и переменные.

Благодаря такому планированию за одно полугодие обучающихся 5 классов можно обучить работать в процессоре PowerPoint и познакомить со средой Scratch.

Создание мультимедийных презентаций – это один из самых простых и доступных способов ярко и наглядно представить учебный материал. В качестве авторов презентаций выступают как педагоги, так и учащиеся: в первом случае презентация готовится к уроку как средство эффективной подачи нового материала, во втором – как форма творческой самостоятельной работы [1-2].

Scratch стал наиболее приемлемым и интересным выходом из сложившейся ситуации: это простой и наглядный язык программирования, который создавался для младших школьников, чтобы познакомить их с основами программирования. Благодаря такой программе можно готовить обучающихся к различным викторинам и выступлениям, олимпиадам и конкурсам [3-5].

Цели использования информационных технологий в школе достаточно разнообразны, однако главные из них – всесторонне облегчить работу педагога и при этом повысить помочь ему выйти на новый уровень качества преподавания, которого требует современность:

- укрепить мотивацию школьников к обучению, пробудить в них интерес к познавательной деятельности, помочь им сконцентрировать внимание на учебном процессе;
- добиться более эффективной и современной методики преподавания, обеспечить индивидуальный подход к каждому учащемуся без временных и иных затрат;
- сделать образовательный процесс более разнообразным и увлекательным;
- сэкономить время на подготовку к урокам и отслеживание результатов обучения;
- внести вклад в формирование информационной грамотности учащихся;
- выйти на новый уровень в планировании и систематизации своей работы.

Кроме того, важно помнить, что одна из актуальных задач сегодняшнего педагога – развить у учеников информационную грамотность, научить их владению информационными технологиями, помочь обрести стиль мышления, актуальный для информационного общества. Естественным следствием продолжения обучения курсу «Основы мультимедийных технологий» стало введение в планирование раздела программирования в среде Кумир на алгоритмическом языке с использованием различных исполнителей. Тогда в примерное календарно-тематическое планирование добавили темы, представленные в табл. 2.

Язык КУМИР – универсальный язык программирования, его прототипом послужил «школьный язык программирования», разработанный А. П. Ершовым в первой половине 80-х годов XX века.

Система КУМИР позволяет создавать, отлаживать и выполнять программы. Несложные программы Вы сможете начать писать и выполнять практически сразу после знакомства с системой, однако

система КУМИР позволяет создавать и достаточно большие, сложные программы. Во время редактирования программы система КУМИР автоматически производит синтаксический разбор и сообщает о найденных ошибках.

Таблица 2

Примерное календарно-тематическое планирование 6 класс

№	Тема
1	Введение в компьютерное проектирование.
2	Программирование линейных программ в среде КуМир.
3	Программирование ветвлений в среде КуМир.
4	Программирование циклов в среде КуМир.

Кроме обычных средств программирования Кумир имеет интерактивные средства управления исполнителями – панелью управления, которая дает выполнять определенный набор действий. Система КУМИР включает встроенные графические исполнители.

Среда программирования КУМИР может быть установлена как под Linux, так и под Windows, а также доступна в исходных кодах. Скачать ее можно на сайте НИИСИ [6].

Язык КуМир ни в коем случае не должен стать конечной точкой при обучении программированию! Это язык, с которого хорошо начать, чтобы освоить основы алгоритмического подхода и процедурный стиль программирования.

Именно поэтому Кумир хорошо использовать в обучении школьников начиная с 5-6 классов [7]. Тогда продолжением в 7 классе будет программирование на языках более высокого уровня. Следующими языками должны стать Python, Pascal, Си или C++.

Чтобы применение ИКТ на уроках в школе было действительно полезным, для педагога крайне важно:

– Постоянно совершенствоваться во владении компьютерными технологиями. Мы живем во времена, когда техника и технология стремительно эволюционируют. Учитель должен быть готов идти в ногу со временем, постоянно обучаться новым приемам подачи информации.

– Не увлекаться ИКТ сверх меры. Применение компьютерных технологий не должно быть самоцелью. Достичь эффективности в обучении можно только в том случае, если использование компьютерных технологий в данном случае уместно и оправдано.

– Показывать все возможности компьютерных программ и сервисов на личном примере. Если педагог использует достижения ИКТ в своей повседневной практике, то и для учеников не составит труда овладеть основными приемами. Главное – понимать, что

за каждой ситуацией использования ИКТ стоит конкретная учебная задача, а порой и педагогическая стратегия.

Информационные технологии дают совершенно новые возможности для творчества, обретения и закрепления различных учебных навыков, позволяют реализовать принципиально новые формы и методы обучения с применением явлений и процессов, рассматриваемых на уроках, способствуют развитию познавательного интереса учащихся и мотивации к предмету в целом, что в конечном счете повышает качество образования.

В отличие от обычных технических средств обучения информационные компьютерные технологии позволяют развивать интеллектуальные способности учащихся, их умение самостоятельно приобретать новые знания, работать с различными источниками информации. Содержательная основа массовой компьютеризации в образовании, безусловно, связанна с тем, что современный компьютер является эффективным средством оптимизации условий умственного труда вообще, в любом его проявлении.

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 и средней школы.

Список литературы

1. Чканикова, А. Использование ИКТ на уроках [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://rosuchebnik.ru/material/ispolzovanie-ikt-na-urokakh/

2. Левина, Е. В. Использование ИКТ-технологий на уроках [Электронный ресурс] / Режим доступа : https://infourok.ru/ispolzovanie-ikt-tehnologiy-na-urokah-1278914.html

3. Мой опыт обучения детей 8-10 лет программированию на Scratch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/234823/

4. 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

5. Авторская программа курса «Проектирование в среде Scratch» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://nsportal.ru/shkola/dopolnitelnoe-obrazovanie/library/2015/06/29/programma-avtorskogo-elektivnogo-kurs

6. Система программирования КуМир [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.niisi.ru/kumir/

7. Среда программирования КУМИР [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://foxford.ru/wiki/informatika/sreda-programmirovaniya-kumir

Секция 7
Проблемы дистанционного образования

High-Hume методология и алгоритмы реализации High-Tech управления контурами естественно-физиологических, электронно-цифровых и гибридных интерфейсов дистанционного образования в условиях вирусной пандемии

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 докладе рассматривается HIGH-HUME методология формирования и реализации и HIGH-TECH управления контурами естественно-физиологических, электронно-цифровых и гибридных интерфейсов дистанционного образования в условиях вирусной пандемии. Рассматриваются алгоритмы и процедуры формирования профессиональных компетенций выпускников вузов в области информатики и вычислительной техники в условиях удаленного взаимодействия субъектов цифровой образовательной среды на основе суггестивно-лингвистического мониторинга и анализа содержания каналов и потоков предметного контента, учебной и профессиональной деятельности. Методология, алгоритмы и процедуры позволят реализовать удаленный анализ и учет содержания каналов взаимодействия преподавателей и студентов в цифровой образовательной среде с целью формирования персонализированных моделей цифровых профилей обучаемых.*

Ключевые слова: *методология, дистанционное образование, вирусная пандемия, информатика, вычислительная техника, HIGH-HUME, HIGH-TECH, суггестивная лингвистика, анализ, интерфейсы управления, каналы, информационные потоки, учебный контент.*

Введение

Визуальные, аудиальные и кинестетические учебные каналы, профессиональные коммуникации и предметный контент субъектов цифровой образовательной среды (СЦОС) дистанционного образования в условиях вирусной пандемии: специалистов, обучаемых, тьюторов, преподавателей, руководителей практик, руководителей структурных подразделений, сотрудников предприятий и баз практик и др. – реализуются на основе различных интерфейсов взаимодействия и

© Абрамян Г. В., 2021

управления подготовкой СЦОС: 1) традиционных естественно-физиологических, 2) современных электронно-цифровых, 3) гибридных (ТЕФ-СЭЦ-Г) [1].

Для реализации ТЕФ-СЭЦ-Г интерфейсов поддержки предметных методик и ИТ-технологий подготовки ИТ-специалистов в докладе предлагается использовать HIGH-HUME/HIGH-TECH методологию [2] суггестивно-лингвистического анализа фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических и синтаксических особенностей СЦОС трансляции и восприятия предметного содержания каналов и потоков ИТ-контента учебной и профессиональной деятельности СЦОС с учетом мониторинга и фиксации мозговой активности ИТ-обучаемых, [3 – 5] которые позволят определить, сформировать и реализовать различные последовательности учебных действий обучаемых, алгоритмы, процедуры и интерфейсы управления деятельностью СЦОС:

– линейные/командно-пошаговые,
– обратно-реактивные/пакетно-кейсовые,
– открытые/диалоговые,
– закрытые/коррекционно-адаптивные [6].

1. Линейные командно-пошаговые алгоритмы и процедуры управления деятельностью

Линейные командно-пошаговые алгоритмы и процедуры (ЛКПАП) HIGH-HUME формирования и реализации традиционного естественно-физиологического, современного электронно-цифрового и/или гибридного интерфейса Off-Line управления открытыми контурами подготовки ИТ специалистов на основе удаленного OFF-Line режима обучения, обратных связей и взаимодействия СЦОС последовательно анализируют и описывают персонифицированный контент завершенных и/или текущих учебных состояний, учебных сеансов, решенных/нерешенных задач, целей обучения [7], сформированных компетенций, контрольных точек мониторинга деятельности и состояний субъектов, траекторий обучения и деятельности как переходных процессов между устойчивыми состояниями линейного обучения СЦОС [8] и с учетом полученных суггестивно-лингвистических данных персонализированного HIGH-HUME описания СЦОС моделируют и предлагают для реализации СЦОС текущие, перспективные и прогностически ожидаемые линейные HIGH-HUME задания, последовательности действий, учебные состояния и уровневые ступенчатые образовательные переходы СЦОС, алгоритмы взаимодействия с ТЕФ-СЭЦ-Г-окружением – другими СЦОС, – а также результаты и сформированные компетенции СЦОС.

Реализация ЛКПАП ТЕФ-СЭЦ-Г HIGH-HUME интерфейса предполагает множественное описание, учет, прогнозирование и управление HIGH-HUME линейными состояниям, траекториями и моделями развития субъектов [9, 10] последовательностями учебных переходов при отсутствии интерактивности учебного взаимодействия.

Потоки текущей, изучаемой актуальной учебной ИТ-информации последовательно связаны с предыдущими цепочками линейных традиционных и HIGH-HUME последовательностей ИТ-информации прямыми непосредственными ссылками / связями / следствиями / причинами и HIGH-HUME описанием переходных состояний на основе персонифицированного:

1) суггестивно-лингвистического профиля мониторинга и анализа линейных учебных потоков, цепочек переходных состояний, текущего и формируемого уровня компетенций и контента учебной деятельности;

2) мониторинга содержания суггестивно-лингвистического HIGH-HUME профиля на основе которого осуществляется формирование банков индивидуальных последовательных ИТ-заданий и размещение их в естественных HIGH-HUME системах и средствах искусственного интеллекта (ССИИ);

3) профиля осуществляется формирование последовательности HIGH-HUME алгоритмов и процедур получения и выполнения каждым ИТ-обучаемым актуальных заданий, их периодическая проверка преподавателями или АССИИ полученных от: 3.1) внутренних ИТ-источников – ССИИ преподавателей образовательной организации, ИТ-задачников/учебников, 3.2) внешних ИТ-источников – ССИИ, например, ИТ-платформ, порталов, ресурсов, сервисов образовательных партнеров, ИТ-компаний, ИТ-экспертов, 3.3) административно вышестоящих элементов ССИИ ИТ-подготовки или параллельных образовательных ИТ-структур (международных, российских, региональных, профильных министерств, ведомств, ИТ-ассоциаций, предприятий, компаний, проводящих например, профессионально-общественные и общественные аккредитации ИТ-компетенций, разрабатывающие программы и системы независимой оценки ИТ-квалификаций).

2. Обратно-реактивные / пакетно-кейсовые алгоритмы и процедуры управления деятельностью

Обратно-реактивные / пакетно-кейсовые алгоритмы и процедуры (ПКАП) HIGH-HUME формирования и реализации традиционного естественно-физиологического, современного электронно-цифрового или гибридного и/или интерфейса Off/On-Line управления обратными («положительными» и/или «отрицательными») контурами ИТ-

подготовки специалистов, которые анализируют и описывают персонифицированные завершенные / решенные и/или нерешенные / незавершенные и/или активные / текущие задания, учебные сеансы, учебные состояния, последовательности действий, цели обучения, контрольные точки, сформированные компетенции и траектории обратного / реактивного влияния контента / взаимодействия с контентом как переходные процессы между устойчивыми обратными реактивными состояниями СЦОС и с учетом полученных суггестивно-лингвистических данных персонализированного описания СЦОС моделирует реактивно обусловленные ожидаемые в ближайшее время и прогностически-перспективные последовательности перспективных учебных задач, компетенций, обратных / реактивных учебных переходов СЦОС, а также их взаимодействия с ТЕФ-СЭЦ-Г-окружением – другими СЦОС – на основе обратных HIGH-HUME связей (текущих обратных потоков, цепочек переходных процессов, активного контента учебной ИТ-информации, связанных с предыдущими HIGH-HUME линейными и реактивными потоками, цепочками переходных HIGH-HUME учебных процессов и предметного содержания ИТ-информации).

HIGH-HUME ПКАП осуществляют множественное описание, учет, прогнозирование и управление обратными («положительными» или «отрицательными») и «наведенными» из вне HIGH-HUME состояниями последовательностей учебных переходов СЦОС и реализуется на основе:

1. суггестивно-лингвистического профиля анализа результатов обратных / реактивных «положительных» или «отрицательных» учебных потоков, цепочек переходных состояний, текущего и формируемого уровня компетенций и контента учебной деятельности,

2. подготовки и размещения в HIGH-HUME ССИИ пакетно-кейсовых алгоритмов и процедур мультимедийных индивидуальных заданий с учетом реактивного «положительного» или «отрицательного» суггестивно-лингвистического профиля СЦОС,

3. обеспечения реактивных коммуникаций на основе обратных «положительных» или «отрицательных» связей / ссылок, передачи обратного контента для выпонения / исполнения указания СЦОС, например проверку выполненных заданий СЦОС в соответствии с заданными персональными контрольными точками – переходными состояниями – либо ИТ-преподавателем, либо автоматизированно, используя ССИИ.

HIGH-HUME ПКАП обеспечивает более оптимальное использование ИТ-ресурсов и времени СЦОС, например ИТ-преподавателя, чем ЛКПАП.

3. Открытые / диалоговые алгоритмы и процедуры управления деятельностью

Открытые / диалоговые алгоритмы и процедуры (ОДАП) HIGH-HUME формирования и реализации традиционного естественно-физиологического, электронно-цифрового или гибридного интерфейса управления открытыми On-Line контурами ИТ-подготовки специалистов анализируют и описывают персонифицированные выполненные задания, незавершенные / неудачные учебные сеансы и/или текущие открытые для диалогов задания, учебные состояния, цели обучения, контрольные точки, формируемые компетенции и текущие активные учебные траектории как переходные процессы между устойчивыми открытыми состояниями СЦОС и с учетом полученных суггестивно-лингвистических данных персонализированного HIGH-HUME описания СЦОС моделируют опережающие системы обучения и предлагают для реализации СЦОС ожидаемые ближайшие текущие и прогностически-перспективные открытые для диалогов HIGH-HUME последовательности учебных задач и переходов СЦОС [11].

ОДАП ТЕФ-СЭЦ-Г реализуют множественное описание, учет и прогнозирование открытых, диалоговых прямых и обратных / реактивных учебных взаимодействий между последовательностями учебных переходов СЦОС, взаимодействия и управления открытыми HIGH-HUME состояниями, например, если текущая учебная ИТ-информация связана с множеством предыдущей ИТ-информацией и отношениями между ними на основе прямых и обратных HIGH-HUME связей.

ОДАП ТЕФ-СЭЦ-Г поддерживает модель прямого открытого интерактивного мультимедийного HIGH-HUME ИТ-взаимодействия между СЦОС и предполагает возможность непрерывного On-Line открытого HIGH-HUME обсуждения и анализа предметного ИТ-содержания, например, между ИТ-обучаемым и ИТ-преподавателем, между ИТ-обучаемыми, между ИТ-преподавателями, ИТ-экспертами, ИТ-тьюторами, ИТ-заказчиками и др., обращения к открытым предметным цифровым HIGH-HUME ресурсам, порталам, платформам, ИТ-энциклопедиям, ИТ-сервисам поддерживающим On-Line режим HIGH-HUME интеллектуального диалогового общения.

Открытый диалоговый интерфейс предполагает попеременное выполнение СЦОС функций операторов / модераторов образовательных услуг и позволяет например ИТ-обучаемым получая задания от одного ИТ-модератора / оператора выступать в качестве сомодератора / сооператора на других альтернативных предметных каналах/площадках, превращаясь из ИТ-исполнителя, ИТ-потребителя и в ИТ-источник, ИТ-заказчика, транслируя модернизированный предметный контент для

реализации персонального задания / проекта обращаясь за экспертной помощью к «параллельным» учебно-производственным объектам и структурам, например, к ИТ-кураторам других образовательных и профессиональных организаций [11].

4. Замкнутые / закрытые адаптивно-коррекционные алгоритмы и процедуры управления деятельностью

Замкнутые / закрытые адаптивно-коррекционные алгоритмы и процедуры (ЗАКАП) HIGH-HUME реализации ТЕФ-СЭЦ-Г интерфейса управления реализуются закрытыми Off/On-Line контурами ИТ-подготовки специалистов и взаимодействия СЦОС на основе суггестивно-лингвистического анализа ИТ-содержания каналов и потоков предметного ИТ-контента учебной и профессиональной деятельности с целью моделирования закрытого для общего доступа персонифицированного контента и решения существующих / возникших проблемных / гиперактивных состояний СЦОС [12].

Для этого ЗАКАП ТЕФ-СЭЦ-Г анализируют и описывают персонифицированные незавершенные / открытые учебные сеансы, достигнутые/недостигнутые цели обучения, завершенные с проблемами и/или текущие неустойчивые / проблемные элементы / фрагменты учебных контуров – выполненные / невыполненные задания, модули учебных состояний, сформированные / несформированные компетенции, отсутствующие в учебной траектории контрольные точки, нелинейные траектории, негативные «отрицательные» и «положительные» обратные связи и результаты, открытые/незавершенные учебные траектории как переходные процессы между устойчивыми, неустойчивыми и гиперактивными состояниями СЦОС и с учетом полученных суггестивно-лингвистических аналитических данных персонализированного HIGH-HUME описания для каждого СЦОС моделируется и реализуется траектория адаптации/коррекции учебной программы (индивидуального учебного плана), планируются адаптивно-коррекционные мероприятия, процедуры и интерфейс управления взаимодействием и подготовкой в условиях гиперактивности СЦОС.

ЗАКАП интерфейс, как правило, поддерживает замкнутый контур / модель управления подготовкой СЦОС, например в виде HIGH-HUME психофизиологической экспертной поддержки и консультирования.

ЗАКАП ТЕФ-СЭЦ-Г интерфейс реализуется на основе персонифицированных данных суггестивно-лингвистического анализа прямых и обратных Off/On Line каналов связей и непрерывного мониторинга за состоянием гиперактивностей СЦОС со стороны СЦОС/ССИИ-окружения, например ИТ-преподавателя или системы ССИИ, обеспечивающей непрерывный мониторинг психофизиологичес-

ких данных – зрения, речи, слуха, дыхания, пульса, кровообращения СЦОС и др.

Например, обратный ЗАКАП-интерфейс может быть реализован на основе периодическом использовании мобильного приложения, которое предлагает СЦОС выделить отдельные фрагменты контента, например графические объекты, буквознакосочетания цветом или голосом, в случаях задержки ответов, ССИИ осуществляет подсказки, выдает сообщения об ошибках, но при этом ССИИ на основе непрерывного мониторинга поэтапно формирует суггестивно-лингвистическое портфолио, фиксируя контент и осуществляя непрерывный параллельный мониторинг всех открытых индивидуальных учебных СЦОС-каналов и переходных процессов.

Заключение

На основе зафиксированного контента внешних потоков и его анализа в зависимости от особенностей СЦОС ССИИ непрерывно принимает решения о выборе наиболее оптимальных на данный момент HIGH-HUME алгоритмов и процедур коррекции / адаптации подготовки СЦОС, при этом параллельно проектируется новый предметный ИТ-контент для каждого СЦОС, выбираются оптимальные на данный момент каналы взаимодействия гиперактивного СЦОС с внешним окружением, планируются дальнейшие ближайшие индивидуальные образовательные учебные задания, а также HIGH-HUME алгоритмы, процедуры и интерфейсы управления удаленными / дистанционными образовательными маршрутами в условиях пандемии.

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – Электрон. журн. – 2020. – № 3. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29830

2. Абрамян, Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : сб. науч. ст. в 4 т. / под ред. С. В. Бачевского. – СПб. : СПбГУТ, 2018. – т. 4. – С. 434–439.

3. 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. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 135–137.

4. Абрамян, Г. В. Методы и уровни акселерации информационных компетенций субъектов-пользователей цифровых HIGH-HUME, HIGH-TECH экосистем / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : сб. науч. ст. в 4 т. / под ред. С. В. Бачевского. – СПб. : СПбГУТ, 2018. – Т. 4. – С. 429–434.

5. Абрамян, Г. В. Методология и принципы преподавания информатики и информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XX Международной научно-методической конференции / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж : ООО «Вэлборн», 2020. – С. 1178–1783.

6. 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. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 337–339.

7. 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 : материалы Шестнадцатой открытой Всероссийской конференции. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. С. 211–213.

8. 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.

9. 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 : сб. науч. ст. в 2 т. / под ред. С. В. Бачевского. – СПб. : СПбГУТ, 2015. – Т. 1. – С. 668–673.

10. Абрамян, Г. В. Модели развития учебно-образовательных, научно-исследовательских и промышленно-производственных ИТ-

технологий, сервисов и процессов в России и странах ближнего зарубежья в условиях импортозамещения программного обеспечения / Г.В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании : материалы XVIII Международной школы-конференции / редактор А. А. Крыловецкий. – Воронеж : ООО «Вэлборн», 2018. – Т. 7. – С. 363–368.

11. 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 : сборник научных трудов / под ред. А. Е. Марона. – СПб. : ГНУ ИОВ РАО, 2007. – С. 12–13.

12. 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 : сб. науч. ст. в 2 т. – СПб. : СПбГУТ, 2015. – Т. 1. – С. 663–667.

Принципы использования визуальных, вербальных и паралингвистических невербальных компонентов High-hume/High-tech цифрового управления дистанционным образованием в условиях вирусной пандемии на основе региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических, синтаксических конструкций и форм организации цифровых коммуникаций

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 докладе рассматриваются принципы использования и особенности организации HIGH-HUME/HIGH-TECH визуальных, вербальных и паралингвистических невербальных компонентов цифрового управления дистанционным образованием в условиях вирусной пандемии на основе региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических, синтаксических конструкций и форм организации цифровых коммуникаций.*

Ключевые слова: *дистанционное образование, вирусная пандемия, HIGH-HUME, HIGH-TECH, цифровая среда, суггестивная лингвистика, учебный контент, паралингвистические невербальные компоненты управления, визуальные компоненты управления, вербальные компоненты управления, особенности организации, использование, фонетика, морфология, лексикология, синтаксис.*

Введение

Учебная, методическая, организационная, предметная и профессиональная (УМОПП) информация принимается, перерабатывается и используется субъектами цифровой учебной среды (СЦУС) в условиях вирусной пандемии преимущественно на основе традиционного способа обработки информации человеком [1] – психолого-лингвистической вербальной деятельности мозга СЦУС – носителя того или иного естественного языка, но с учетом национальных/региональных (НР) диалектов и фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических и

© Абрамян Г. В., 2021

синтаксических (ФФМЛС) особенностей и конструкций языков (русского, английского, китайского, немецкого, итальянского и др.). Практически все основные цифровые HIGH-HUME/HIGH-TECH учебные процессы кодирования и декодирования мозгом СЦУС невербальной УМОПП ФФМЛС с учетом НР особенностей информации происходят также вербально [2–4].

В национальных языках, например в современном русском языке и его диалектах содержаться те или иные средства диагностики и распознавания входного УМОПП контента, которые позволяют СЦУС настраивать свою мозговую деятельность в HIGH-HUME/HIGH-TECH среде и соответственно в случае необходимости проектировать системы адаптивного и/или опережающего национального/регионального образования [5] перенося и модернизируя модели существующих ФФМЛС данных и их конструкций в свои национальные/региональные системы и средства искусственного интеллекта (НССИИ), содержащие УМОПП-информацию и реализующие УМОПП коммуникации учитывая и используя ФФМЛС настройки, например параметров тона, тембра, эмоционального настроя, жестов цифровых HIGH-HUME/HIGH-TECH моделей СЦУС (обучаемых, преподавателей, сотрудников, руководителей и др.) [6].

Например, в естественной учебной среде и профессиональной деятельности учебные подсказки и предположения обучаемыми произносятся, как правило, шепотом, а цели обучения и деятельности [7], задачи, указания преподавателей, приказы руководителей практик, отделов компаний, учебных заведений реализуются административно-командным голосом и тоном.

Но в тоже время обучаемые и преподаватели, участвующие в проблемно-поисковой деятельности, могут демонстрировать противоречия между уровнями громкости произносимых (демонстрируемых) конструкций успевающими обучаемыми и скрытыми (латентными) конструкциями содержания мыслей «неуспевающих» СЦУС [8].

Как правило, в естественной среде обучаемый пытается адекватно соотносить имеющееся у него содержание предметной информации, имеющиеся компетенции с уровнями поставленных задач, требованиями к компетенциям, содержанием предметной информации и компетенциями окружающих его СЦУС и НССИИ [9, 10]. «Неуспевающий» обучаемый пытается как бы «встроиться» в естественную и/или цифровую HIGH-HUME/HIGH-TECH учебную среду как бы «вслушиваясь», «всматриваясь» в окружающий его мобильный естественный, «живой» и/или цифровой коллектив с учетом

всего многообразия потоков вербального, невербального и тактильного контента и коммуникаций.

1. Принципы использования визуальных, вербальных и паралингвистических невербальных компонентов High-hume/High-tech цифрового управления дистанционным образованием в условиях вирусной пандемии на основе региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических, синтаксических конструкций и форм организации цифровых коммуникаций

В искусственной HIGH-HUME/HIGH-TECH электронноцифровой среде в настоящее время реализуется, как правило, в основном визуальный, вербальный и за редким исключением иногда и тактильный УМОПП контент и его формы. В естественной и/или цифровой HIGH-HUME/HIGH-TECH среде обучаемый декодирует принимаемые УМОПП контент и сопровождающие его ФФМЛС составляющие коммуникаций слушая «что говорят», замечая «что видят», физически и эмоционально чувствуя «живые» и электронноцифровые отношения, симпатии, эмоции и др. [11].

Например «что говорят» успевающие обучаемые и авторитетные лично для него преподаватели, «как относятся» к нему, «что думают о нем» на различных уровнях фонологии, лексики и синтаксиса ФФМЛС УМОПП контента. При этом «неуспевающий» обучаемый может не воспринимать или не понимать сущности цифрового контента, например, не понимая «как говорят» с учетом сложной или новой терминологии произношения УМОПП контента, не понимать латентного (скрытого) содержания цифрового УМОПП контента, кодируемого например, на основе особой цифровой УМОПП корпоративной: 1) фоносемантики, 2) ритмов, 3) подпороговых стимулов естественного или искусственного предметного языка.

Например, если преподаватель в своей естественной среде деятельности и/или электронно-цифровой копии/модели/представительства УМОПП речи, словах, предложениях будет часто использавать «шипящие» и «задненебные» согласные, а также звукобукву «Ы», то в подсознании обучаемого будет генерироваться достаточно жесткое и относительно «насильственное» для мозга СЦУС внешняя угроза вторжения в личное пространство обучаемого, а если в этом случае и жесты преподавателя будут подтверждать генерируемое естественной и/или цифровой речью намеренье, то соответственно будут усиливаться и подтверждаются и скрытые от сознания обучаемого установки (цифровые УМОПП страхи, фобии, неуверенное поведение, панические атаки и др.).

В естественной традиционной учебной среде преподавателям и обучаемым достаточно трудно научиться принимать и формировать УМОПП потоки, например, слышать и говорить, оперативно контролируя смыслы жестких и/или мягких «звукобукв», слов и предложений на их основе, но современные НССИИ, цифровая среда и интеллектуальные методы формирования, управления и контроля цифрового УМОПП контента на основе суггестивнолингвистического мониторинга и анализа ФФМЛС особенностей СЦОС позволяют адаптивно подбирать нужные вербальные, визуальные и паралингвистические невербальные компоненты и конструкции, например речь, темп, уровни голоса СЦОС реализуя индивидуальные цифровые интерфейсы УМОПП взаимодействия на основе вербальных, визуальных и паралингвистических невербальных компонентов, каналов и средств коммуникаций с обучаемым с учетом региональных и национальных особенностей естественных и искусственных языков по адаптации индивидуальных речевых модификаций СЦУС на основе учета HIGH-HUME/HIGH-TECH вербальных, визуальных и паралингвистических невербальных ФФМЛС компонентов суггестивнолингвистического мониторинга и анализа:

– тона голоса;
– высоты звука и/или голоса;
– ударения;
– темпа и ритма речи;
– пауз;
– интонации;
– скорости речи;
– жестов, выражения лица (например, выражения недоумения; подмигивание и др.);
– поз;
– способов кодирования речи и высказываний с учетом статуса и самооценки в зависимости от ситуаций;
– средств вокальной модуляции, передающих эмоции эффективнее и глубже чем естественный язык, например смех, плач, стон и др.;
– методов и средств табуирования IT УМОПП-контента и поведения СЦУС и других ФФМЛС параметров несущих и передающих УМОПП смыслы, но непосредственно естественными национальными языками не являющимися.

Для реализации данного подхода СЦУС и НССИИ должны обладать специальными умениями, навыками и функциями поддержки

различных видов ФФМЛС цифрового управления сетевыми коммуникациями [12] на основе:

– вербальных;
– визуальных;
– паралингвистических невербальных информационных УМОПП компонентов и каналов.

Например, на уровне образовательной организации, предприятия, портала, приложения при невербальном цифровом управлении СЦУС и УМОПП цифровая коммуникация может быть реализована на основе разработки и использования корпоративной оптикокинетической системы знаков.

Для этого в образовательной организации может быть разработана и использована особая «корпоративная» система кодов, например мимика, жесты, интонация, тон голоса, сопровождающие потоки УМОПП речи, эмоции, специальные УМОПП жесты, УМОПП мимика, УМОПП пантомимика (выразительные движения лица, головы, конечностей, туловища), УМОПП позы, взгляды, системы контакта глазами и др.

Непрерывный эвристический мониторинг и анализ естественных и цифровых средств УМОПП генерации/воспроизведения невербальной цифровой корпоративной коммуникации, например поз, движения глаз, мимики СЦУС позволят интерпретировать эмоциональные состояния СЦУС: учащихся/обучаемых, преподавателей, тьюторов [13].

Данные мониторинга и анализа отражают параметры личностного развития, «внутренний мир» СЦУС. В естественной и в цифровой корпоративной среде ФФМЛС составляющие слов и жестов СЦУС являются цифровыми кодами передаваемых УМОПП сообщений. Для эффективного восприятия этих корпоративных кодов, СЦУС необходимо владеть ими, понимать и применять их по мере необходимости.

Например, СЦУС носителю русского языка сложно, а иногда и невозможно понять региональные жесты-кодов СЦУС носителей китайского, японского, английского (американского, британского и пр.), итальянского и других языков [14, 15]. Так же и определенные жесты СЦУС в цифровой корпоративной среде организации могут быть неадекватно или неверно интерпретированы/использованы [16].

Форма и содержание цифровых жестов передающих целевую УМОПП информацию СЦУС с учетом параметров личностного развития, соответствующих его внутреннему состоянию, могут быть различны:

1. Цифровые УМОПП иллюстраторы, которые дополняют УМОПП сообщения СЦУС;

2. Цифровые УМОПП регуляторы, подчеркивающие и проявляющие особые характеристики отношения СЦУС;

3. Цифровые УМОПП символы (общепринятые корпоративные цифровые коды, эмблемы и др.);

4. Цифровые УМОПП аффекторы обеспечивающие передачу эмоциональных состояний и оценок СЦУС:

- уверенности;
- неуверенности;
- самоконтроля;
- ожидания;
- отрицания;
- расположения;
- доминирования;
- неискренности;
- наблюдения/присмотра и других.

НССИИ управления на основе ФФМЛС мониторинга и анализа особенностей реализации и использования естественных языков, например, может проводить ФФМЛС мониторинг и распознавание мимики и жестов СЦУС, например обучаемого при входных и выходных потоках УМОПП. При этом исходящий поток мимики преподавателя является способом информирования обучаемых, например, при частичной неподвижности лица преподавателя, как правило, теряется 10–15% всей учебной информации.

Если же обучаемый при генерации выходного УМОПП потока «обманывает» преподавателя или что-то скрывает, то его глаза, как правило, встречаются с глазами преподавателя менее трети времени всего учебного сеанса/диалога.

Мониторинг левой стороны лица обучаемых будет чаще и полнее свидетельствовать об эмоциональной составляющей деятельности и отношений к УМОПП потокам, а с помощью мониторинга и анализа состояния глаз или искривления губ на исходящих УМОПП потоках СЦУС, например мониторинга обучаемых, преподавателю подаются достаточно точные сообщения о состоянии параметров личностного развития и «внутреннего мира» обучаемых.

Изменение параметров личностного развития СЦУС как правило происходит в момент изменения поведения зрачков, в частности в моменты их сужения и расширения. В естественной традиционной системе обучения это изменение, как правило, остается вне внимания и контроля преподавателя.

Поэтому если, например, осуществлять мониторинг и анализ поведения зрачков в состоянии «вызова»/опроса обучаемых, которые, например, испытывают эмоции страха, боязни, фобии или наоборот симпатии к предмету/теме, то соответственно по характерному состоянию зрачков обучаемого можно принимать решения по изменению/коррекции/адаптации индивидуального образовательного маршрута [17, 18].

Заключение

Учет принципов использования визуальных, вербальных и паралингвистических невербальных компонентов High-hume/High-tech цифрового управления дистанционным образованием в условиях вирусной пандемии на основе региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических, синтаксических конструкций и форм организации цифровых коммуникаций позволит разработать сервисы дистанционного обучения [19], обеспечить региональную адаптивность дистанционного образования в условиях вирусной пандемии, открытость циклов и периодов обучения с учетом региональных особенностей, персонализацию и объективный мониторинг образования, позволит создавать современные образовательные продукты [20], диагностировать и предотвращать риски и угрозы образовательному процессу [21], преподавателям и обучаемым достигать более высоких и качественных результатов деятельности и обучения за более оптимальные модели становления современных преподавателей [22], которые смогут формировать и управлять индивидуальными по продолжительности временными сессиями/интервалами обучения, образовательной навигации [23], и педагогической коммуникации и коллаборации [24, 25].

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – Электрон. журн. – 2020. – № 3. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29830

2. 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 : материалы Тринадцатой открытой Всероссийской конференции / ответственные редакторы С. В. Русаков, Ю. А. Аляев. – Пермь : ПГНИУ, 2015. – С. 120–122.

3. Колк, Н. А. Опыт обучения студентов web-программированию на мобильных устройствах с сенсорным экраном в среде визуальных сервисов Google Blockly / Н. А. Колк, А. Ю. Хижняк, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 22.

4. Абрамян, Г. В. Многопользовательская информационная система обучения английскому языку с использованием алгоритмов и модулей искусственного интеллекта / Г. В. Абрамян, Т. И. Бугаева // Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета : статьи докладов / ответственный редактор А. В. Коричко. – Нижневартовск : ФГБОУ ВО НВГУ, 2016. – С. 1375–1377.

5. 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 : сборник научных трудов / под ред. А. Е. Марона. – СПб. : ГНУ ИОВ РАО, 2007. – С. 12–13.

6. 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. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 337–339.

7. Абрамян, Г. В. Методология анализа, классификации и таксономии целей обучения информатике и информационным технологиям в условиях интернационализации образования, поляризации экономических рынков, региональной и глобальной миграции трудовых ресурсов / Г.В. Абрамян // Региональная информатика «РИ-2016» : материалы конференции. – СПб. : Политехника-Принт, 2016. – С. 335-336.

8. 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 : сб. науч. ст. в 2 т. – СПб. : СПбГУТ, 2015. – Т. 1. – С. 663–667.

9. 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. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 135–137.

10. Абрамян, Г. В. Методы и уровни акселерации информационных компетенций субъектов-пользователей цифровых HIGH-HUME, HIGH-TECH экосистем / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : сб. науч. ст. в 4 т. / под ред. С. В. Бачевского. – СПб. : СПбГУТ, 2018. – Т. 4. – С. 429–434.

11. Абрамян, Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : сб. науч. ст. в 4 т. / под ред. С. В. Бачевского. – СПб. : СПбГУТ, 2018. – Т. 4. – С. 434–439.

12. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 18.

13. 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» : материалы XIV Санкт-Петербургской международной конференции. – СПб. : СПОИСУ, 2014. – С. 375.

14. Литвинова, Т. И. Технология электронного обучения китайскому языку учащихся в начальной школе РФ на основе информационных ресурсов Китая / Т. И. Литвинова, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 94.

15. Потапов, А. Р. Модель структуры информационной системы обработки численных данных для обучения школьников и студентов по теме «Системы счисления» / А. Р. Потапов, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 96.

16. Шумкова, И. Г. Особенности, значение и принципы формирования информационно-образовательного пространства вуза на основе интернет – ресурса «Спб Гиписр» / И. Г. Шумкова, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии :

сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 100.

17. 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.

18. Абрамян, Г. В. Модели развития учебно-образовательных, научно-исследовательских и промышленно-производственных ИТ-технологий, сервисов и процессов в России и странах ближнего зарубежья в условиях импортозамещения программного обеспечения / Г.В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании : материалы XVIII Международной школы-конференции / редактор А. А. Крыловецкий. – Воронеж : ООО «Вэлборн», 2018. – Т. 7. – С. 363–368.

19. Абрамян, Г. В. Модели и технологии оптимизации телекоммуникаций в науке и образовании северо-западного региона на основе использования SAAS/SOD облачных сервисов / Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 27.

20. Коваленко, М. М. Модель оптимизации структуры сайта студенческого научного общества Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена на основе .htaccess/.htpasswd доступа и Cgi хостинга / М .М. Коваленко, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 93.

21. Абрамян, Г. В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе Windows научно-образовательной среды Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Региональная информатика и информационная безопасность : сборник трудов. – СПб. : СПОИСУ, 2015. – С. 414–416.

22. Абрамян, Г. В. Иформационная модель и содержание профессионального становления специалиста педагогического профиля в системе непрерывного образования вуза / Г. В. Абрамян // VII Царскосельские чтения : материалы Международной научно-практической конференции / под общей редакцией В. Н. Скворцова. – СПб. : ГАОУ ВО ЛО ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2003. – С. 124–126.

2006

23. Жедигеров, Д. Ж. Система учебной навигации студентов и преподавателей университета на основе спутниковой системы Glonass и облачных сервисов Navitel / Д. Ж. Жедигеров, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 213.

24. Технология отбора мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде вуза / К. И. Кицела [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 92.

25. Абрамян, Г. В. Модели экономической, финансовой и информационно-образовательной коллаборации в евразийском пространстве на основе современной Agile методологии и горизонтальных систем управления на основе адаптивных умений и навыков Soft Skills / Г. В. Абрамян // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста : материалы 2-й Международной конференции. – СПб. : ЦНИТ Астерион, 2016. – С. 15–22.

Модели обучения с применением электронных образовательных технологий

Г. Н. Асланова, email: gu_la_ga@mail.ru

Дагестанский государственный университет народного хозяйства

Аннотация. *С развитием информационно-коммуникационных технологий трудно представить современный образовательный процесс без дистанционного, электронного обучения. В статье дается понятие электронного обучения, дистанционного обучения, приводятся преимущества электронного обучения перед традиционным, описываются модели обучения с применением электронных образовательных технологий.*

Ключевые слова: *информационные технологии, электронное обучение, дистанционное обучение, модели обучения, образовательные технологии.*

Введение

Процесс перехода от традиционного обучения к обучению на базе компьютерных технологий развивался в течение двух десятков лет. С момента появления огромных архивов, представленных на машиночитаемых носителях, все чаще и чаще возникала мысль использовать этот материал в целях обучения. В глобальном плане это стало возможным с развитием сети Интернет, которая давала возможность пересылать необходимое количество данных из одного конца мира в другой, свободно общаться с другими пользователями сети в online режиме и размещать информацию на Интернет-сайтах, делая их доступными для всех желающих.

Многие ученые в области образования, как правило, используют понятия «электронное обучение» и «дистанционное обучение» как взаимозаменяемые. В целом дистанционное обучение и электронное обучение имеют общие точки пересечения, но все-таки это не слова синонимы. Дистанционное обучение существует уже не одно десятилетие, в то время как электронное обучение является относительно новым явлением, связанным с развитием Интернета.

1. Понятие электронного и дистанционного обучения

Электронное обучение (от англ. Electronic Learning) представляет собой систему обучения с применением информационных и

© Асланова Г. Н., 2021

электронных технологий. Понятие электронного обучения используется как синоним таких терминов как сетевое, виртуальное и дистанционное обучение.

Дистанционное обучение, появившееся несколько позже, предложило иной образовательный подход, который обладал целым рядом дополнительных возможностей [1-3]. В основу образовательного процесса при дистанционном обучении была положена целенаправленная и контролируемая интенсивная самостоятельная работа обучаемого, который мог бы учиться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию, имея при себе комплект специальных средств обучения и согласованную возможность контакта с преподавателем в процессе обучения.

К электронному обучению относится:

– самостоятельная работа обучающихся с электронными материалами;

– возможность дистанционного взаимодействия и получения консультаций удаленно;

– непрерывная доставка электронных учебных материалов; стандарты и спецификации на электронные учебные материалы и технологии, дистанционные средства обучения;

– возможность в любое время и в любом месте получить современные знания, находящиеся в любой доступной точке мира;

– неограниченная доступность высшего образования.

2. Преимущества электронного образования перед традиционным

Среди преимуществ электронного образования перед традиционным образованием можно выделить следующие:

1. Свобода доступа, возможность обучаться на рабочем месте – учащийся может заниматься практически в любом месте, без отрыва от работы. Далеко не все функции электронного образования реализуются через интернет. Взрослый учащийся может обучаться без отрыва от основной работы.

2. Более низкие цены на обучение – учащийся несёт затраты на носитель информации, но не несет на методическую литературу. Кроме того, экономия растет за счет зарплат, которые не нужно платить педагогам, содержание учебных заведений и так далее.

3. Гибкость обучения – продолжительность и последовательность изучения материалов слушатель выбирает сам, полностью адаптируя весь процесс обучения под свои возможности и потребности.

4. Возможность развиваться в ногу со временем – пользователи электронных курсов развивают свои навыки и знания в соответствии с новейшими современными технологиями и стандартами. Электронные

курсы также позволяют своевременно и оперативно обновлять учебные материалы.

5. Потенциально равные возможности обучения – обучение становится независимым от качества преподавания в конкретном учебном заведении.

6. Возможность определять критерии оценки знаний – в электронном обучении имеется возможность выставлять четкие критерии, по которым оцениваются знания, полученные студентом в процессе обучения;

7. Качественное образование – курсы создаются командой высококвалифицированных специалистов;

8. Разделение курса на модули – небольшие блоки информации упрощают и ускоряют поиск нужной информации, обучение становится более гибким.

3. Модели обучения с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

Дистанционное обучение – это образовательный процесс, при котором преподаватель и обучаемый разделены временем, расстоянием или и тем и другим.

На практике наиболее распространены три вида систем дистанционного обучения: синхронные, асинхронные и смешанные.

В синхронных системах обучаемые и преподаватели участвуют в учебном процессе одновременно. К таким системам относятся интерактивное ТВ, компьютерные телеконференции, дистанционное обучение под руководством инструктора.

Асинхронные системы не требуют одновременного участия обучаемых и преподавателя. Обучаемый сам выбирает время и план занятий. К таким системам относятся курсы на основе печатных материалов, физических электронных носителей (CD, аудио/видеокассеты), электронной почты, а также Интернет/интранет-системы. Смешанные системы используют элементы как синхронного, так и асинхронного типов обучения.

При реализации обучения с применением электронного обучения возможно применение следующих модели обучения (рис.):

- традиционное обучение с веб-поддержкой;
- смешанное обучение;
- полное электронное обучение.

Данные модели обучения отличаются соотношением распределения времени и объема работ между аудиторной и электронной компонентами и способами организации учебного процесса [4].

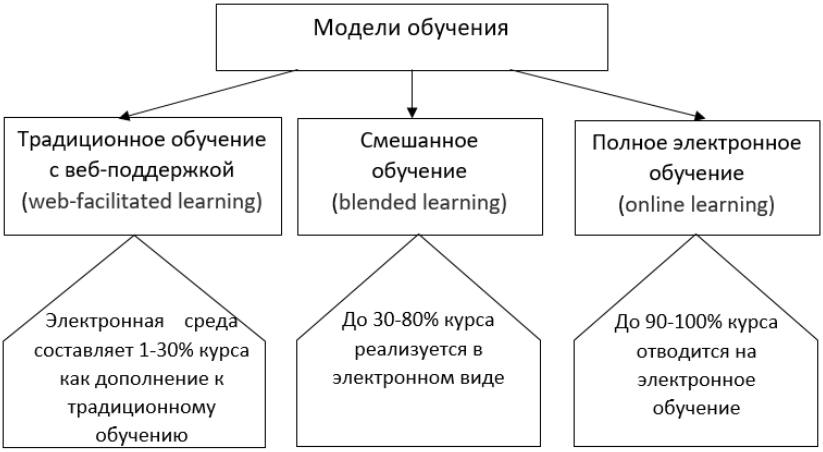


Рисунок. Модели обучения с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

1. Традиционное обучение с веб-поддержкой. Данная модель обучения предполагает, что до 30% времени по освоению дисциплины отводится на работу в среде электронного курса (дистанционно). Электронная среда используется в дополнение к основному традиционному учебному процессу. При использовании данной модели на платформе электронного обучения можно организовать самостоятельную работу обучающихся, индивидуальные и групповые консультации; текущий контроль успеваемости обучающихся; промежуточную аттестацию обучающихся; научно-исследовательскую работу.

2. Смешанное обучение. При использовании данной модели предполагается, что до 80% времени по освоению дисциплины отводится на работу в среде электронного курса 9на обучение в дистанционном виде).

При использовании данной модели на платформе электронного обучения можно организовать лекции, занятия семинарского типа, индивидуальные и групповые консультации, текущий контроль успеваемости обучающихся и промежуточную аттестацию, научно-исследовательскую работу. Смешанная форма обучения позволяет повысить качество и эффективность образовательного процесса, оптимизировать распределение временных затрат преподавателя.

3. Полное электронное обучение. Данная модель обучения предполагает, что большую часть освоения дисциплины (90-100% от

общей трудоемкости) осуществляется в системе электронного обучения и характеризуется высокой интерактивностью учебного контента и регулярностью взаимодействия обучающихся. Регулярные занятия в аудитории при данном виде обучения не предполагаются. В аудитории могут проводиться групповые и индивидуальные консультации, лабораторные работы, а также текущий контроль и промежуточная аттестация (не более 10% от общей трудоемкости дисциплины).

Заключение

С позиции дистанционного обучения считается, что смешанная модель обучения обеспечивает больше гибкости в осуществлении образовательного процесса. Это заключается в том, что:

– преподаватель имеет больше свободы в презентации учебных материалов. Он уже не обязан выдавать все материалы во время занятий: одна часть материала преподаватель может предоставлять во время аудиторных занятий, а другая часть может быть получена обучающимися посредством самостоятельной работы в сети или с другими источниками в Интернет;

– упрощается процесс контроля и оценивания обучающихся: появляется возможность проводить онлайн тестирования, размещать задания и тесты, и даже итоговый тест в конце семестра.

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 – 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. – С. 302-307.

4. Асланова, Г. Н. Информационные технологии в образовании / Г. Н. Асланова // Вопросы современной науки. – 2018. – № 6. – С. 40-44.

Использование модели смешанного обучения в условиях современной информационно-образовательной среды

Н. В. Бахилова, email: bahilova1980@yandex.ru
О. Т. Киселева, email: 13nage@mail.ru

МКОУ «Каменская СОШ № 1 с углублённым изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза В. П. Захарченко»

Аннотация. *В данной работе рассматривается модель смешанного обучения, состоящая из 3 компонентов: очное, самостоятельное и онлайн, а также делается попытка показать широкому кругу читателей эффективные приемы работы в условиях дистанционного обучения.*

Ключевые слова: *смешанное обучение, дистанционное образование, компонент, чат, мессенджер, Discord.*

Введение

XXI век – век стремительно развивающихся интернет-технологий. Они оказывают своё влияние на все области нашей жизни, в том числе на образование. В данный момент овладеть в той или иной мере знаниями, можно не присутствуя в школе без контроля учителя и находясь при этом в разных уголках планеты.

В научно-педагогической литературе дистанционное обучение рассматривается как взаимодействие учителя и обучающихся на расстоянии, отражающее все присущие учебному процессу компоненты (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения) и реализуемые специфичными средствами интернет-технологий или другими средствами, предусматривающими интернет-активность [1].

Но дистанционное обучение может быть более эффективным не как самостоятельная форма образования, а как часть смешанного обучения, которая представляет собой традиционную форму с элементами online-обучения.

В этой модели обучения происходит смещение ролей в учебном процессе. То есть учитель перестаёт быть руководителем учебного процесса, а выполняет лишь роль помощника. Главными в образовательном процессе становятся обучающиеся. Учитель же в свою очередь организует учебный процесс в соответствии с их

© Бахилова Н. В., Киселева О. Т., 2021

индивидуальными способностями. Этот процесс требует и от учителя, и от обучающихся огромного труда [2].

1. Модель смешанного обучения в условиях дистанционного обучения

Чтобы перейти к новому формату обучения необходимо изменить образовательную среду. В условиях смешанного обучения на помощь приходят информационные технологии, которые позволяют:

– отойти от классического классно-урочного обучения;
– сменить приоритеты в направлении индивидуализации;
– не делить учебный процесс на домашнюю и классную работу;
– изменить систему механизмов оценивания;
– перераспределить учебную деятельность в сторону увеличения доли проектно-исследовательской деятельности.

В нашей модели можно выделить 3 компонента, которые включают в себя:

– очное обучение, представляющее собой традиционный формат занятий в классе;
– самостоятельное обучение, включающее самостоятельную работу обучающихся: поиск материалов в учебниках, пособиях, в сети интернет и т. д.;
– онлайн-обучение, например, с помощью средств дистанционного обучени: Discord, вебинаров, онлайн-конференций, Skype и др.

Важным элементом всех моделей смешанного обучения, является интерактивное взаимодействие, которое может осуществляться по следующим схемам:

– взаимодействие учитель-ученик (обмен электронными сообщениями, объявления, дискуссии, мини-лекции);
– взаимодействие ученик-ученик (дискуссии, групповая работа, взаимооценка работ и др.);
– взаимодействие ученик-учебный материал (материал для чтения, электронные учебники, пособия и материалы курса).

При использовании электронных ресурсов в модели смешанного обучения, необходимо опираться на следующие подходы:

– устойчивости: ресурсы могут функционировать на устройствах широкого класса с равным доступом для всех участников, как в школе, так и дома;
– доступности: ресурсы могут быть заменены или использоваться многократно;

– коммуникативности: ресурсы должны поддерживать взаимодействие участников, в том числе интерактивное, обеспечивать обратную связь.

Для создания смешанной модели нашей школы мы руководствовались такими документами, как:

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ.
2. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ.
3. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 28.08.2020 № 442 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по основным общеобразовательным программам – образовательным программам начального общего, основного общего и среднего общего образования» (Зарегистрирован 06.10.2020 № 60252).
4. Приказ от 23 августа 2017 г. № 816 «Об утверждении порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».
5. Устав МКОУ «Каменская СОШ №1 с УИОП».
6. Приказ МКОУ «Каменская СОШ №1 с УИОП» от 13.11.2020 №303 «Об организации учебного процесса во II четверти 2020–2021 учебного года».
7. Положение о смешанном обучении МКОУ «Каменская СОШ №1 с УИОП».

Изначально для реализации модели смешанного обучения был проведён аудит материально-технического обеспечения, подготовлены необходимые нормативные документы, выдано оборудование обучающимся и учителям по запросам. Постоянно ведётся методическая поддержка обучающихся, родителей и педагогов. Транслируется необходимая информация на школьном сайте в разделе ДО и в Дневник.ру, работает горячая линия.

В нашей школе мы реализуем модель смешанного обучения в 5–6 классах. Согласно расписанию, обучение осуществляется в очной форме, с применением дистанционных технологий, в форме электронного обучения. Только в очной форме мы реализуем такие предметы, как: биология, география, ОБЩ, ИЗО в 5 кл.; в очной и дистанционной: русский язык, литература, вс. история, ин. яз., ф. к.; только в дистанционной: ОДНКНР, технологию, музыку, ОБЖ, родной язык и родную литературу.

2. Мессенджер Discord как активный помощник в условиях дистанционного обучения

Дистанционное обучение в нашей школе осуществляется с помощью мессенджера Discord, который работает как Приложение на компьютере. Сервер позволяет обмениваться сообщениями, создавать конференции, совершать звонки и отправлять людям из списка контактов различные файлы.

Многие из обучающихся уже были зарегистрированы в Discord. т. е. получается, что не ученики пришли к нам, а мы пришли к ним. Это удобно также для учителей и администрации школы. Мы проводим уроки, внеурочные занятия, классные часы, совещания и педсоветы, родительские собрания, даже подготовку дошкольников в «Школе будущих первоклассников».

В Discord есть общие чаты, так называемые «серверы». В них можно использовать как голосовой, так и текстовый чаты. Вы можете присоединиться к уже существующим сообществам или создать своё. Можно осуществлять и видеозвонки. Одновременно могут в них участвовать до 25 человек. Показывать содержание своего экрана можно 50 участникам. В голосовом канале одновременно можно общаться со всей школой до 5000 человек.

В нашей школе создано несколько разных каналов: учительская, методические объединения, классы, в которых есть текстовые чаты и голосовые каналы, классная доска, видеосвязь по всем предметам, внеурочным занятиям, классный час, классная комната. Все переписки упорядочены, поэтому их удобно контролировать.

Ученики при этом видят только демонстрацию экрана учителя. Вы можете общаться с учениками как будто вы в классе. И посторонних в свой виртуальный класс вы можете не пускать.

Преимущества Discord:

1. хорошее качество звука и видео;
2. отличная оптимизация программы – очень экономное использование ресурсов компьютера;
3. понятный интерфейс;
4. современный дизайн;
5. возможность создания серверов (аналог групп в скайпе) с функцией разделения на подгруппы – чаты и присвоения участникам различных ролей;
6. безопасность – Discord блокирует все ваши данные от других пользователей.

Discord работает достаточно быстро даже на старых ПК и бюджетных смартфонах. В этом плане он значительно превосходит тот же

Skype, потребляющий немало оперативной памяти. Позволяет создавать видеоконференции.

Недостатки Discord:

– не такая большая популярность, как у Skype или WhatsApp, поэтому в качестве основного мессенджера он установлен далеко не у всех;

– иногда наблюдаются проблемы с передачей больших файлов;

– в редких случаях происходят проблемы с серверами, связанные с высокой нагрузкой на них.

Заключение

Смешанное обучение в любом виде даёт очень ценную для учителя возможность лучше узнать ученика и построить работу с учётом его особенностей. Педагог заинтересован в том, чтобы дать как можно более подробную обратную связь, чтобы обучающийся понимал, над чем ему работать, задавал продуманные вопросы. Учитель становится консультантом, партнером, координатором. Он учит учиться, ориентироваться в мультимедиа-пространстве, отбирать информацию, занимается педагогическим дизайном.

Список литературы

1. Полат, Е. С. Теория и практика дистанционного обучения : Учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина, М. В. Моисеева. – М. : Издательский центр Академия, 2004.

2. Пьяных, Е. Г. Смешанное обучение как эффективная форма работы с магистрами в области естественно-научного образования / Е. Г. Пьяных, Ю. П. Немчанинова // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2012. – №7. – С. 257–260

Математическая модель решения задачи поиска энтропии шума в двоично-симметричном канале, блок-схема и алгоритм её реализации с оконным интерфейсом на языке JavaScript для дистанционного обучения школьников и студентов вузов в условиях пандемии

П. П. Буркова, email: hottook5@gmail.com

Государственный университет морского и речного флота
им. адмирала С.О. Макарова

Аннотация. *В работе рассматривается математическая модель решения задачи поиска энтропии шума в двоично-симметричном канале, блок-схема и алгоритм её реализации с оконным интерфейсом на языке JavaScript для дистанционного обучения школьников, абитуриентов и студентов вузов при изучении информатики, теории информации, информационных процессов и информационных систем в условиях пандемии. Модель и алгоритм могут быть использованы учителями школ и преподавателями вузов для адаптации методик преподавания информатики к удаленному обучению и цифровой среде.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, математическая модель, энтропия шума, двоично симметричный канал, энтропия, конечный ансамбль, блок-схема, алгоритм, JavaScript, школьники, абитуриенты, студенты вузов.*

Введение

В условиях короновирусной пандемии в РФ активно разрабатываются современные дистанционные технологии удаленного обучения школьников с использованием телекоммуникаций, [1] подготовки абитуриентов, обучения бакалавров и магистров, [2] опережающей методической подготовки [3] и переподготовки учителей и преподавателей вузов к работе в новой дистанционной среде образования [4-6]. Параллельно в экспертных группах министерств и ведомств идет активная работа по разработке и внедрению новых образовательных стандартов ФГОС ВО 3+ с учетом российских и международных профессиональных стандартов [7-8]. Для работы в новых, инновационных условиях преподавателям вузов и учителям школ нужны системные цифровые подходы, [9] новые интеллектуальные и high-hume методы, формы и инструменты обучения, [10-12] модели, алгоритмы и технологии работы и управления учебными

© Буркова П. П., 2021

процессами [13-14], необходима разработка дистанционных сервисов [15] и методик обучения информатике и информационным технологиям [16-17], разработка адаптивных материалов и тестовых заданий, [18] в том числе для системы удаленного очного и заочного обучения, которые позволят на практике реализовать эффективные способы взаимодействия с обучаемыми [19]. Одна из таких математических и информационных учебных моделей в виде блок-схемы и алгоритма на языке JavaScript рассматривается в данной работе [20].

Клодом Элвудом Шенноном в 1963 г. было предложено понятие меры усредненной информативности испытания энтропии, которая учитывает вероятность отдельных исходов. В теории информации энтропия – это средняя скорость генерирования значений некоторым случайным источником данных. Величина информационной энтропии, связанная с определенным значением данных, вычисляется по формуле:

$$H = -\sum_{i} P_i \cdot \log_2 P_i, \ .$$

P_i – вероятность i-го состояния системы (значения принимаемого переменной), n – число состояний системы (значений, принимаемых переменной).

В научных статьях, специальной, учебной и методической литературе достаточно широко представлены математические модели решения задачи поиска энтропии шума [21] в двоично-симметричном канале, но отсутствуют учебные алгоритмы реализации решения данной задачи на JavaScript.

Целью данной работы была разработка математической модели решения задачи поиска энтропии шума в двоично-симметричном канале, разработка блок-схемы и алгоритм её реализации с оконным интерфейсом на языке JavaScript для дистанционного обучения школьников и студентов вузов.

В процессе реализации проекта решались следующие задачи:

– Построение математической модели поиска энтропии шума в двоично-симметричном канале.

– Разработка блок-схемы и алгоритма с оконным интерфейсом на языке JavaScript для дистанционного обучения школьников и студентов вузов при изучении информатики, теории информации, информационных процессов и систем, а также для методической подготовки учителей школ и преподавателей вузов в процессе повышения квалификации и непрерывного образования.

Использование оконного интерфейса алгоритма позволит более оперативно и наглядно представлять входную и выходную информацию,

а при работе с готовой программой у школьников и студентов повышается интерес и расширяется кругозор и приобретаются новые знания, умения и навыки.

1. Построение решения задачи

В проекте рассматривается энтропия сигнала, описываемого некоторым образом, она стремится к нулю. Для случайных процессов энтропия возрастает тем больше, чем выше уровень «непредсказуемости». Возможно, именно из такой связки трактовок энтропии: вероятность → непредсказуемость → информативность, вытекает понятие «хаотичности», хотя оно достаточно неконкретно и расплывчато.

Рассмотрим представленную ниже задачу на определение энтропии шума $H(Y/X)$ в двоично-симметричном канале, при условии, что энтропия источника на входе канала H(X) = 3400 бит, энтропия ансамбля на выходе канала H(Y) = 6800 бит, ненадежность канала H(X/Y) = 700 бит.

Для начала нужно определить математические формулы.

Условной энтропией ансамбля величины Y при наблюдении величины энтропии источника X называется

$$H(Y/X) = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} p(x_i, y_j) \log_2 \frac{1}{p(y_j / x_i)}. \qquad (1)$$

Взаимная информация величин X и Y определяется из рис. 1 [22].

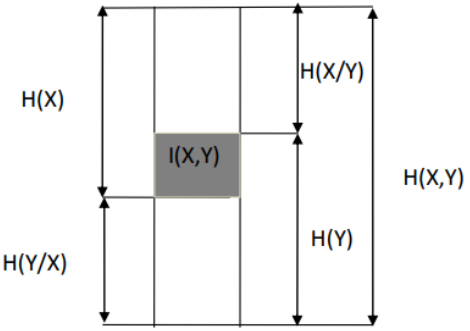


Рис. 1. Взаимная информация источников сообщений

Это штриховая часть $I(X,Y)$, показывающая какое (в среднем) количество информации содержит сообщение X о сообщении Y или наоборот сообщение Y о сообщении X [23].

$$I(X,Y) = H(X) - H(X/Y),$$
$$I(X,Y) = I(Y,X) = H(Y) - H(Y/X), \quad (2)$$
$$I(X,Y) = H(X) + H(Y) - H(X,Y).$$

Если X и Y независимы, то $I(X,Y) = 0$, если X и Y полностью зависимы (содержат одну и ту же информацию), то $I(X,Y) = H(X) = H(Y)$. Справедливы следующие соотношения:

$$I(X,Y) = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} p(x_i, y_j)\log_2 \frac{p(x_i, y_j)}{p(x_i)p(y_j)}, \quad (3)$$
$$0 \le I(X,Y) \le H(X), \;\; 0 \le I(X,Y) \le H(Y).$$

Полная средняя взаимная информация определяется формулой:

$$I(X,Y) = H(X) - H(X,Y) = H(Y) - H(Y/X). \quad (4)$$

На рис. 2 представлена реализация наблюдаемого процесса на выходе и изменение энтропии наблюдаемой переменной на выходе.

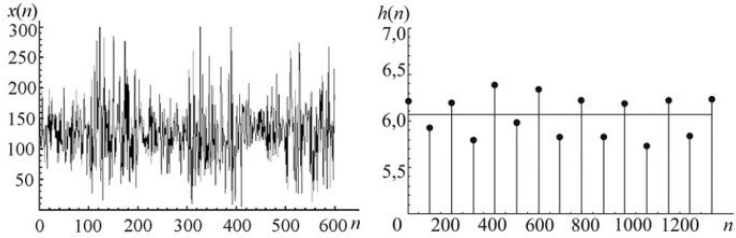


Рис. 2. Реализация наблюдаемого процесса на выходе и изменения энтропии наблюдаемой переменной на выходе

Теперь, после обзора необходимых математических формул, найдем математическое решение задачи [24].

Взаимная информация источника сообщений

$$I(X,Y) = H(X) - H(X/Y) = 3400 - 700 = 2700 \text{ бит.}$$

Энтропия шума

$$H(Y/X) = H(Y) - I(X,Y) = 6800 - 2700 = 4100 \text{ бит.}$$

2. Реализация на JavaScript

Информационные технологии позволяют решить данную задачу различными способами [25]. Одно из решений включает в себя написание алгоритма решения на различных языках программирования. Ниже представлена блок-схема (рис. 3) и фрагмент реализации алгоритма с оконным интерфейсом на языке JavaScript (рис. 4).

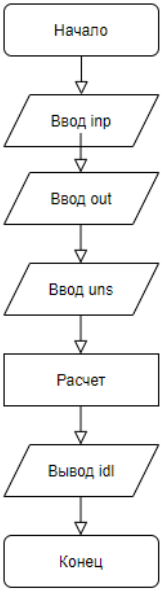


Рис. 3. Блок-схема алгоритма

```
function shennon() {
    var input = + document.getElementById('inp').value;
    var output = + document.getElementById('out').value;
    var unsafe = + document.getElementById('uns').value;
    var result = output - input + unsafe;
    document.getElementById("id").innerHTML = + result;
}
```

Рис. 4. Фрагмент реализации алгоритмана языке JavaScript

Для выполнения проекта была выбрана операционная система Windows 10, а средой разработки «Visual Stidio Code» от Microsoft.

Для удобного использования алгоритма был реализован интерфейс, используя который школьники и студенты вузов вводят исходные данные и получают ответ.

Результат работы программы и код графического интерфейса представлен ниже (рис.5-6).

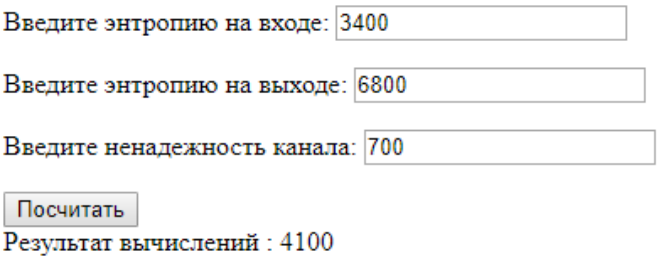
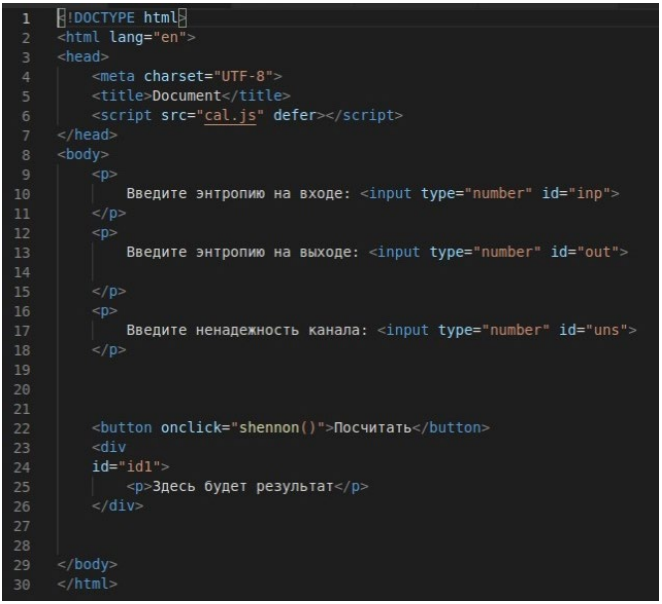


Рис. 5. Результат работы программы



```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Document</title>
    <script src="cal.js" defer></script>
</head>
<body>
    <p>
        Введите энтропию на входе: <input type="number" id="inp">
    </p>
    <p>
        Введите энтропию на выходе: <input type="number" id="out">

    </p>
    <p>
        Введите ненадежность канала: <input type="number" id="uns">
    </p>



    <button onclick="shennon()">Посчитать</button>
    <div
    id="id1">
        <p>Здесь будет результат</p>
    </div>


</body>
</html>
```

Рис. 6. Графический интерфейс

Заключение

В результате построения математической модели решения представленной задачи мы получили действующий алгоритм

определения энтропии шума в двоично-симметричном канале на языке JavaScript. Таким образом, школьники и студенты вузов смогут подробнее познакомится с одним из вариантов решения классической задачи из раздела «Теория информации» с помощью современных программных продуктов на примере языка JavaScript.

По мнению автора, алгоритм и его реализация может быть полезен для учителей школ, преподавателей вузов, школьников, абитуриентов вузов [26] и студентов при дистанционном изучении и преподавании информатики, теории информации, информационных процессов и систем, так как моделировать информационные процессы, проводить несложные эксперименты в области защиты и кодирования информации [27-28], кроме того на основе данного алгоритма может быть разработан SAAS сервис обучения [29-30]. Использование оконного интерфейса позволяет более оперативно и наглядно представлять входную и выходную информацию, при работе с готовой программой в режиме интернет-технологий обучения у школьников и студентов [31] повышается интерес и расширяется кругозор и приобретаются новые знания, умения и навыки, а педагоги приобретают навыки использования средств ЭВТ в совершенствовании соей профессиональной деятельности [32].

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Технологии дистанционного обучения с использованием телекоммуникаций / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – РГПУ им. А. И. Герцена, ЛГОУ. СПб., 1998. – С. 91-95.

2. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии [Электронный ресурс] / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. Режим доступа : http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29830

3. Абрамян, Г. В. Опережающее образование педагога и проблемы его информатизации / Г. В. Абрамян // Человек и образование. – 2005. – № 2. – С. 16-19.

4. Абрамян, Г. В. Непрерывное образование учителя в условиях информатизации (послевузовский период) / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – ЛГОУ, РГПУ им. А.И. Герцена. СПб., 1999. – С. 36-40.

5. Абрамян, Г. В. Особенности средств информатизации в образовании учителя / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – ЛГОУ им. А. С. Пушкина. СПб., 2000. – С. 125-128.

6. Абрамян, Г. В. Проблемы профессионального становления учителя в условиях информатизации системы непрерывного образования / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – ЛГОУ, РГПУ им. А.И. Герцена. СПб., 1999. – С. 26-29.

7. Абрамян, Г. В. Особенности обучения информатике и информационным технологиям в условиях перехода на профессиональные стандарты образования / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XX Международной научно-методической конференции. Под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – 2020. – С. 2259-2265.

8. 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.

9. Катасонова, Г. Р. Системный подход к формированию целей обучения информационным технологиям в условиях цифровизации образования / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Информационные технологии в образовании. Материалы XI Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. – 2019. – С. 109-112.

10. Абрамян, Г. В. Методы и уровни акселерации информационных компетенций субъектов-пользователей цифровых HIGH-HUME, HIGH-TECH экосистем / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018) VII Международная научнотехническая и научно-методическая конференция. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 429-434.

11. Абрамян, Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018) VII Международная научнотехническая и научно-методическая конференция. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 434-439.

12. Абрамян, Г. В. Методология формирования профессиональных компетенций выпускников вузов на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Современное программирование. Материалы II Международной научно-практической конференции. Отв. редактор Т. Б. Казиахмедов. – 2019. – С. 11-14.

13. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами /

Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Региональная информатика «РИ-2012». – 2012. – С. 238-239.

14. 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.

15. Абрамян, Г. В. Сервисы обучения информатике и новая наука о сервисах, управлении и инжиниринге как основе инновационной деятельности в современной высшей школе / Г. В. Абрамян [и др.] // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 4. – С. 1783.

16. Абрамян, Г. В. Методика преподавания информатики / Г. В. Абрамян // ЛГОУ им. А.С. Пушкина. – СПб., 2000. – 184 с.

17. Абрамян, Г. В. Таксономия и методология определения целей обучения информационным технологиям в условиях цифровизации образования и перехода к ФГОС ВО 3++ / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы. Семнадцатой открытой Всероссийской конференции. Ответственный редактор А. В. Альминдеров. – 2019. – С. 144-147.

18. Фокин, Р. Р. О методике разработки учебных пособий по информатике / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Телекоммуникации, математика и информатика-исследования и инновации. – СПб., 2002. – С. 267-268.

19. Абрамян, Г. В. Опыт разработки и использования адаптивных тестовых заданий в системе заочного обучения с элементами дистанционной технологии / Г. В. Абрамян // Развитие системы тестирования в России. – МГПИ. Центр ТВОУ РФ, 1999. – С. 101-102.

20. Воробьев, В. И. Об изучении современных технологий алгоритмизации и программирования в педагогическом вузе / В. И. Воробьев, Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Вестник СЗО РАО. – 1998. – № 3. – С. 170-176.

21. Зверева, Е. Н. Сборник примеров и задач по основам теории информации и кодирования сообщений / Е. Н. Зверева, Е. Г. Лебедько // СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 76 с.

22. Луценко, Е. В. Математическая сущность системной теории информации (сти) (системное обобщение формулы Больцмана-Найквиста-Хартли, синтез семантической теории информации Харкевича и теории информации Шеннона) / Е. В. Луценко //

Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. – № 42. – С. 45-72.

23. Форманов, Ш. К. О теореме Колмогорова-Прохорова о существовании математических ожиданий случайных сумм / Форманов, Ш. К., Пресман Э. Л. // Доклады Академии наук. – 2009. – Т. 425, № 6. – С. 747-750.

24. Цветков, О. В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике / О. В. Цветков // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – С. 202.

25. Пат. RU 2 113 764 C1 Российская Федерация, МПК H 04 B 7/26. Способ и устройство передачи данных между периферийными устройствами и главным блоком [Текст] / Брюс М. Пагжот, Джеффри У. Трипп, Патрик Дж. Мэрри ; заявитель и патентообладатель Моторола Инк. (US). – № 93005130/09 ; заявл. 14.07.1992 ; опубл. 20.06.1998. – 37 с.

26. Абрамян, Г. В. Пособие по математике и информатике для поступающих в Ленинградский областной педагогический институт / Г. В. Абрамян, В. И. Погорелов, П. И. Совертков // ЛОПИ. Пушкин, 1996. – 97 с.

27. Абрамян, Г. В. Инновационные подходы в области обработки данных экспериментов по автоматизации систем управления вузом и обучения информационным технологиям в высшей школе / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, М. А. Абиссова // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 11. – С. 1898.

28. Абрамян, Г. В. Адаптация электронных учебников к индивидуальным особенностям студентов при разработке сервисов обучения информатике / Г. В. Абрамян [и др.] // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 5. – С. 1788.

29. Абрамян, Г. В. Особенности формирования системы дистанционного образования в России / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – ЛГОУ, РГПУ им. А. И. Герцена. СПб., 1999. – С. 86-89.

30. 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.

31. Фокин, Р. Р. Метамодель развертывания Интернет-технологий обучения в региональном вузе для студентов гуманитарного и

социально-экономического профиля / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Интернет. Общество. Личность: ИОЛ-2000. – 2000. – С. 32.

32. Абрамян, Г. В. Дидактические условия использования средств ЭВТ в совершенствовании профессиональной деятельности педагога. Дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / Г. В. Абрамян; РАО ИОВ. – СПб., 1994. – 214 с.

Практический аспект использования цифровых технологий в условиях дистанционного образования

О. А. Валуйская, e-mail: olgavalujskaya@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *Качественное изменение содержания, методов и форм обучения на основе применения цифровых технологий для достижения предметных результатов обучения физике в средней (полной) школе в условиях дистанционного образования.*

Ключевые слова: *дистанционное образование, цифровые технологии, интерактивные лабораторные работы.*

Введение

В течение последнего десятилетия проникновение и прочное обоснование цифровых технологий в сферу образования является значительным. Применение компьютерной техники совершенствует процесс обучения, повышает его качество и эффективность. И если до 2020 г. принято было считать, что информационные технологии одно из дополнительных средств обучения, то теперь совершенно очевидно, что данные технологии – это основной инструмент для осуществления учебно-воспитательного процесса в ходе распространения коронавирусной инфекции.

Мы поставлены в новые условия, в которых необходимо сохранить баланс между сбережением здоровья и жизни всех участников учебного процесса и удержанием образовательных результатов на достаточно высоком уровне.

1. Информационные технологии в образовании

Начиная с весны прошлого года, мы вынуждены были столкнуться с проблемами дистанционного образования, которые заключались в том, что: во-первых, цифровая образовательная платформа Дневник.ру, являющаяся инструментом онлайн-образования, не выдерживала общую нагрузку и уже не выполняла свою основную функцию; во-вторых, у некоторых детей и преподавателей не оказалось необходимого оборудования для проведения онлайн-уроков; в-третьих, далеко не все образовательные платформы и цифровые ресурсы отвечают требованиям современного образования.

© Валуйская О. А., 2021

С одной стороны, к осени текущего учебного года ситуация значительно улучшилась, образовательная платформа Дневник.ру провела необходимую работу, в результате которой синхронные онлайн-уроки можно проводить посредством программы Microsoft Teams. Опции данного продукта достаточно обширны. Это уже не только трансляция урока, а осуществление конференц-связи, необходимой для поддержания диалога между участниками образовательного процесса как при обучении, осуществлении контроля знаний и последующей коррекции, так и при обсуждении некоторых вопросов и полученных результатов в ходе организации проектно-исследовательской деятельности обучающихся. При помощи знакомой программы PowerPoint можно создать презентацию, содержащую некоторые теоретические вопросы, выводы формул, примеры решения задач различного типа при объяснении нового материала, таблицы и структурно-логические схемы для обобщения и систематизации материала, интерактивные тесты и задания для текущего и итогового контроля. Презентации и текстовые документы достаточно легко загружаются и транслируются учащимся с пояснениями учителя в режиме реального времени. Хотелось бы отметить также известный в образовании программный продукт Whiteboard, предназначенный для работы на интерактивной доске синхронно нескольким учащимся. Таким образом в образовательный процесс вовлекается большее количество участников, легче осуществить контроль по их деятельности во время онлайн-уроков.

С другой стороны, возникла новая проблема для учителей-предметников, преподающих дисциплины естественно-научного направления: физика, химия, биология. С начала учебного года по вышеназванной причине в общеобразовательных учреждениях отменена кабинетная система и за каждым классом закреплен определенный кабинет, в котором проводятся уроки по всем предметам. Следовательно, учащиеся не имеют доступ к кабинету физики, химии и т. д. для отработки практических навыков при выполнении практических и лабораторных работ определенного вида. В течение учебного года с 7 по 11 класс согласно программам по физике предусмотрено в среднем 12 лабораторных работ и в 10–11 классах углубленного изучения дополнительно 20 часов для организации физического практикума. Тематика некоторых работ позволяет перенос оборудования из одного кабинета в другой, но есть такие специфические работы, для проведения которых нужен оборудованный кабинет, например, работы по теме «Электромагнитные колебания и волны»: измерение индуктивности катушки, измерение силы тока в цепи

переменного тока с конденсатором, измерение индуктивного сопротивления катушки, наблюдение линейчатых спектров и т. д. В этих случаях нужно проводить опыты с видеозаписью и фотографированием, при необходимости с оформлением презентации и документа Word, где отражены результаты прямых измерений физических величин. Учащиеся фактически выполняют лабораторную работу по готовым фотографиям.

Ряд лабораторных работ независимо от кабинета можно провести интерактивно с использованием следующих образовательных программ: интерактивное пособие «Наглядная школа», учебное электронное издание «Физикон», электронные приложения к учебникам.

Но при дистанционном обучении подобные образовательные ресурсы не подходят, так как они либо установлены на компьютерах в школе и недоступны для учащихся, либо каждый из них требует процедуру установки на ПК.

Каким требованиям должны соответствовать такие интерактивные практические и лабораторные работы?

Данные ресурсы должны содержать научное и доступное изложение фактического материала, понятную навигацию, кроме того, использование продукта должно осуществляться без дополнительной установки на ПК и предусматривало возможность построения индивидуальной траектории обучения и развития самостоятельности при выполнении таких работ.

Анализ различных платформ с интерактивными лабораторными работами показал, что на данный момент продуктов, отвечающих таким требованиям совершенно недостаточно, и эта ниша в образовательном пространстве не заполнена.

Стоит отметить некоторые лабораторные и практические работы, заслуживающие внимание учителей физики. Это авторские интерактивные разработки практикующих учителей физики и информатики со знанием информатики, и владеющих навыками программирования.

Рассмотрим структуру подобных работ. Работы содержат титульный лист, ход работы с понятным описанием применяемых физических закономерностей, интерактивные задания и последовательность действий обучающегося по их выполнению, интерактивные плакаты с демонстрацией физического эксперимента в динамике и принципом действия физических измерительных приборов, таблицы для внесения значений физических величин, контрольные вопросы. При этом значения величин практически не повторяются, что

крайне важно при удаленном обучении. При завершении работы результаты сохраняются и отправляются учителю на проверку.

Использование качественных мультимедиа позволяет адаптировать процесс обучения к социальным особенностям обучаемых, их интересам, индивидуальным стилям и темпам обучения [1, 2].

Заключение

Применение ИКТ и интерактивных образовательных продуктов мотивируют к обучению, способствуют активизации мыслительного процесса, развивают логическое мышление и творческий потенциал обучающихся.

Проникновение современных ИКТ-технологий приводит педагогов к качественному изменению содержания, методов и форм обучения. Это крайне актуально при организации дистанционного обучения. Для успешной организации такого обучения современный педагог должен ощущать в себе потребность в освоении и применении в своей практике новых педагогических подходах, приемах и методах.

Список литературы

1. Андресен, Бент Б. Мультимедиа в образовании : специализированный учебный курс / Бент Б. Андресен, Катя ван ден Бринк. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Дрофа, 2007. – 221 [2] с.

2. Демкин, В. П. Технологии дистанционного обучения / В. П. Демкин, Г. В. Можаева. – Томск : ТГПУ, 2003. – 108 с.

Организация дистанционного обучения в школе

Н. А. Гречишникова, email: sch2-2005@yandex.ru

МКОУ «Новоусманская СОШ № 2

Аннотация. *Получить образовательные услуги можно с помощью информационных технологий и систем телекоммуникации. В условиях карантина широко используется форма дистанционного обучения.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, технология, учебные телекоммуникационые проекты, электронно-образовательные ресурсы.*

Введение

В условиях карантина изменилось форма обучения. Активно использовались современные технические средства. Изменилась форма общения между учителем и учеником. Перед каждым учителем стал выбор: какие инструменты использовать в период дистанционного обучения [1].

Ученик получает доступ к видео-урокам, методическим материалам, возможно онлайн – общение с учителем.

При организации дистанционного обучения используются те же цели, что и при очном. Форма подачи материала, форма взаимодействия учителя и учащихся будут иными. При этом могут быть использованы следующие формы:

– электронная переписка – для рассылки заданий и отправки выполненных работ;

– телеконференции – позволяют организовывать настоящие дискуссии между учениками, если того требует тема;

– видеоуроки – полноценный урок с объяснением нового материала можно вполне провести по скайпу или просмотреть в записи.

1. Организация онлайн уроков

Для проведения групповых видеуроков можно использовать различные платформы. В браузере Яндекс имеется «Телемост». Чтобы использовать этот сервис не обязательно иметь аккаунт на Яндексе. Доступ к конференции можно получить, используя ссылку.

Для создания ссылки нужна будет учетная запись. «Телемост» активно развивается. В скором времени увидим что-то новое на этом сервисе. Для меня удобный вариант – Zoom.

© Гречишникова Н. А., 2021

Самое сложное в проведении таких уроков это составить материал так, чтобы его было удобно использовать в онлайн формате. Такая форма обучения существенно изменяет деятельность учителя. Преподавателю предназначается организовать самостоятельную познавательную деятельность обучаемых, вооружать их методами и способами познания и добывания знаний, развивать умения применять их на практике, использовать новейшие телекоммуникационные средства для всех видов дистанционного общения.

Для учащихся 9 класса проводился обобщающий онлайн урок по теме: «Коммуникационные технологии».

План урока:

1. Организационный момент.

Приветствие. Объяснение хода урока.

2. Постановка проблемной ситуации.

Используя электронное пространство, мы полагаем, что оно безопасно.

3. Контроль и анализ знаний.

– Персональные данные.

– Отчет учащихся по созданию сайтов.

В рамках домашней работы учащиеся выполняли практическую работу по создании сайтов на различных платформах. В панели инструментов данного программного продукта имеется «Демонстрация экрана». Благодаря этому инструменту можно смотреть работу учащихся. Вовремя онлайн урока все смогли поделиться своими работами.

– Выполнение тестовых заданий в режиме онлайн на сайте Мастер-Тест [2]. Мастер-Тест – это бесплатный интернет-сервис, который позволяет создавать тесты.

Можно создавать онлайн-тесты. И для этого не нужно устанавливать на компьютер дополнительные программы. Педагогу доступен просмотр результатов тестирования. Для детального просмотра результата тестирования, нужно кликнуть по результату в списке – откроется детальная информация о прохождении работы. Не тратим время на проверку контрольных работ. В режиме онлайн урока это оказалось очень удобно. Дети проходят тест, и сразу видны их ошибки. Сразу же проанализировали работу. Можно настроить систему так, что одна работа будет доступна разным группам учащихся. Если кто-то не смог вовремя пройти тест по каким-то причинам, его можно будет открыть снова. Пройти тест можно и без подключения к интернет. Скачайте тест и распечатайте задания детям. К сожалению, есть и

недостатки: при организации ссылки к онлайн тесту эта ссылка может некорректно работать.

Заключение

Используя современные информационные технологии урок получился полноценным, доступным и интересным. При организации дистанционного обучения можно увидеть и отрицательные моменты. Не все имеют одинаковые технические возможности. Есть и та категория учащихся, которые могут работать за компьютером только на уроках информатики в школе и телефоны кнопочные. При организации занятий обучение должно сочетать, как аудиторные, так и дистанционные занятия. Необходимо учитывать индивидуальные возможности каждого учащегося.

Список литературы

1. Захарова, И. Г. Информационные технологии в образовании / И. Г. Захарова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 192 с.

2. Мастер-Тест. Бесплатное создание тестов и проведение онлайн тестирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://master-test.net/

Создание тестовых заданий на цифровой образовательной платформе «Дневник.ру»

Е. В. Дятлева, email: elena-karpova-93@mail.ru

МБОУ СОШ № 88 с УИОП

Аннотация. *В настоящее время имеется ряд различных цифровых образовательных платформ, позволяющих создавать различные виды заданий и форм проверки знаний учащихся, в частности, тестовых заданий. Одной из цифровых образовательных платформ, позволяющих создавать и редактировать тесты, является «Дневник.ру».*

Ключевые слова: *цифровая образовательная платформа «Дневник.ру», тесты.*

Введение

В настоящее время имеется ряд различных цифровых образовательных платформ с целью создания и практического применения всевозможных форм проверки знаний учащихся в школьном курсе. Одним из таких приложений являются тестовые задания, которые можно создавать, используя образовательную платформу «Дневник.ру».

«Дневник.ру» предоставляет возможность учителю составить комплекс разнообразных заданий в рамках использования приложения «Тесты», включающий иллюстративный материал, различные варианты вопросов и ответов, а также их количество.

1. Процесс настройки теста

В рамках создания тестовых заданий вниманию учителя предложено две функции в электронном журнале: «школьные» и «глобальные» тесты, которые представлены на рис. 1.

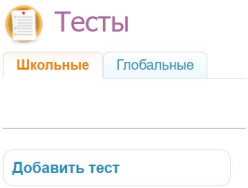


Рис. 1. Разновидности тестов в электронном журнале

© Дятлева Е. В., 2021

«Глобальные» позволяют отобразить перечень заданий данного типа, доступных всем пользователям «Дневник.ру», а также гостям.

«Школьные» тесты подразумевают процесс отображения данного типа заданий исключительно в рамках школы, в которой работает учитель. Так, он может создать любой тест в рамках образовательной организации.

Стоит также отметить ряд функций в рамках поиска тестов по определенным предметам, а также типу работы.

При нажатии на кнопку «добавить тест» откроется окно, включающее ряд настроек, как показано на рис. 2.



Рис. 2. Настройки теста: название, описание, параллель

Кроме того, в рамках настройки теста имеется возможность выбрать тип теста, предмет, а также тип работы, как показано на рис. 3.

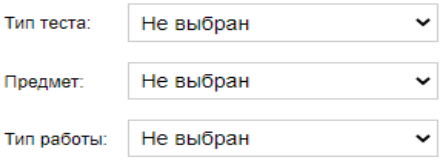


Рис. 3. Настройки теста: тип теста, предмет, тип работы

Также в рамках настройки теста предложен доступ, как показано на рис. 4.

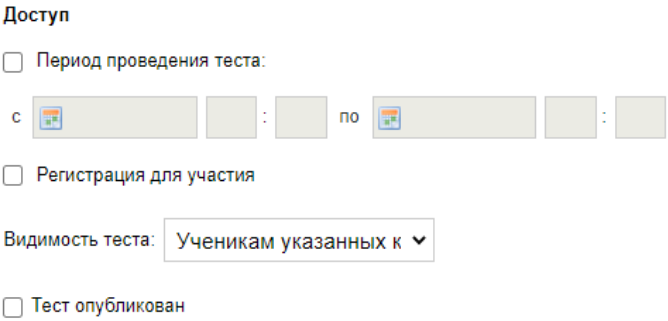


Рис. 4. Настройки теста: доступ

Стоит также отметить наличие настроек прохождения теста, как показано на рис. 5.

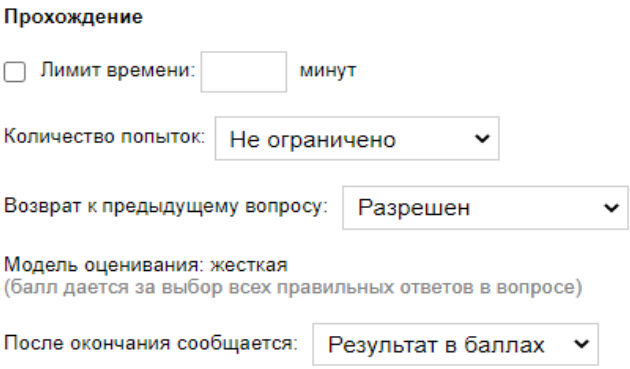


Рис. 5. Настройки теста: прохождение

Также имеется вариант свободного использования тестов (ответы могут узнать другие учителя), а также вывод разделов, вариантов ответа.

На рис. 2, а также на рис. 3 представлены фрагменты настроек теста, включающие наименование теста, его тип, предмет, а также тип работы. Кроме того, учитель может настроить функцию «параллель».

Также в рамках настройки теста предложены такие функции, как период проведения теста, как показано на рис. 4. Так, учитель может настроить любой интервал времени с целью выполнения теста учащимися: день, неделю и т. д.

Стоит также настроить видимость теста: ученикам указанных классов, моей школе, моему классу.

Кроме того, важным критерием при настройке тестов является время, которое будет предложено учащимся в рамках реализации определенного теста.

Учитель по своему усмотрению может также настроить доступ возврата к предыдущему заданию. Данная функция важна для учащихся при выполнении тестовых заданий, т. к. не всегда им удается четко справится с определенными трудностями, возникают ситуации неуверенности, возможности подумать, вернувшись к определенному заданию.

Хотелось бы также отметить возможность в настройке данного типа проверки материала сообщение результатов в баллах учащимся или же сообщение в баллах с ответами. Также, на свое усмотрение, учитель может выбрать один из вариантов для создания теста для учащихся определенной параллели.

Кроме того, в рамках настройки теста имеется функция «копирование текста или его частей», которая позволяет или осуществлять учащимся данную процедуру, или же сделать ее недоступной с целью самостоятельного поиска решений и ответов.

«Отчеты о результатах учеником учителям из их школ» может быть настроен по усмотрению учителя, а также «вывод разделов, вариантов ответа».

После настроек теста можно использовать функцию «добавить раздел» или же выбрать функцию «без разделов», как показано на рис. 6.

При выборе функции «добавить раздел» вниманию учителя предложен ряд таких настроек, как «название», «описание» и «файлы», которые продемонстрированы на рис. 7

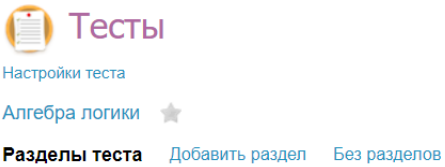


Рис. 6. Настройки теста: функции «добавить раздел» и «без разделов»

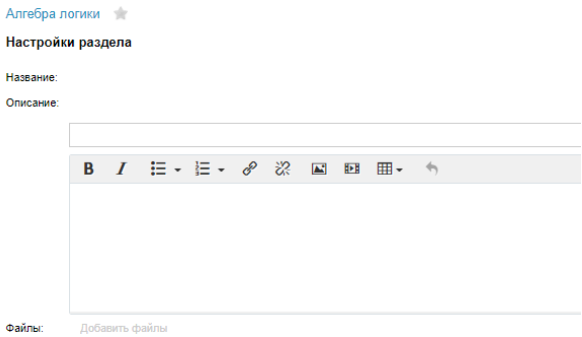


Рис. 7. Настройки теста: название, описание, файлы

Кроме того, в рамках данных настроек имеются функции «количество вопросов в разделе», «вес вопроса в разделе», а также «порядок вывода вопросов в разделе».

Также, в рамках данной функции предложены наименование, описание, а также количество вопросов в разделе, их порядок следования и вес вопроса.

Функция «добавить раздел» является очень удобной для учителя в процессе создания данного типа заданий для учащихся, т. к. она позволяет оценить знаний и умения ребенка в комплексном выполнении им различного уровня и видов заданий.

В свою очередь, функция «без разделов» направлена на составления комплекса вопросов, различных типов заданий, не используя при этом перечень разделов.

Хотелось бы более подробно остановиться именно на данной функции [1].

2. Настройка вопросов

При добавлении вопросов возможны различные варианты ответов, количество которых можно удалять или добавлять, в зависимости от вопроса и его типа.

Учитель вводит вопрос в соответствующем поле. По желанию может изменить тип шрифта, его стиль и т. д.

Если вопрос сопровождается иллюстративным материалом, учитель также имеет возможность его добавить с помощью функции «добавить файлы».

Кроме того, возможностью настроек вопросов является определение его веса, т. е. количество баллов, которые можно получить при верном ответе на данный вопрос.

Учитель также имеет возможность установить тип вопроса: закрытый, открытый или комбинированный.

Также в рамках настроек теста предложен или один, или несколько правильных вариантов ответа, в зависимости от типа вопроса.

При нажатии на знак «+», что продемонстрировано на рис. 8, имеется возможность добавить необходимое количество вариантов ответа.

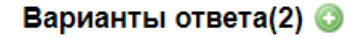


Рис. 8. Варианты ответа

При наличии трех и более вариантов ответа автоматически система предоставляет возможность удаления лишних вариантов ответа, что можно увидеть на рис. 9.

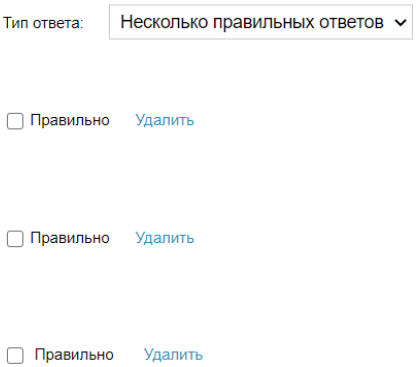


Рис. 9. Тип ответа

При составлении вариантов ответа учителю предоставлена возможность также загружать иллюстративный материал при нажатии на функцию «добавить файлы», представленную под каждым вариантов ответа.

По результатам заполнения вопроса и варианта/вариантов ответа учитель должен поставить галочку возле верных вариантов ответа, или же выбрать нужный ответ при одном его наличии с целью автоматического выставления системой баллов учащимся по результатам выполнения теста.

Заполнив ряд нужных функций в рамках вопроса, следует нажать «сохранить» с целью появления вопроса в общем списке теста.

Таким образом, учитель имеет возможность создать необходимое количество вопросов разного типа.

В результате учитель может просмотреть тест, им созданный, с перечнем вопросов, а также их корректировать, добавлять, удалять.

Если тест опубликован учителем, он будет отмечен зеленым кружком, в противном случае – красным.

Если тест опубликован, он доступен для прохождения учащимся выбранной параллели [2].

Заключение

Процесс создания тестовых заданий с помощью различных цифровых образовательных платформ, безусловно, является важным компонентов в рамках образования. «Дневник.ру» предоставляет ряд функций с целью проверки знаний и умений учащихся, одной из которых является процесс создания тестов.

Можно сказать, что предложенный вариант важен в образовательном процессе, имея ряд положительных сторон, таких как автоматическая проверка заданий системой, возможность просмотреть учителю выполненные заданий учащихся, предоставить им по необходимости ее попытку. Но и отрицательные стороны также имеются, такие как технические сбои, а также проблемы со входом в электронный журнал как у учителя, так и у учащихся.

Таким образом, процесс создания тестов через цифровую образовательную платформу «Дневник.ру» является актуальным в настоящее время, хотя не стоит забывать о ряде проблем в процессе его практического применения.

Список литературы

1. Инструкция к модулю «Тесты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://algschool-2.ucoz.ru/Dokumenti/instrukcija_k_modulju_testy.pdf

2. Дневник.ру Модуль «Тесты» Версия 4.1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://school18.bratsk.ru/file/dnevnik/modul4.pdf

Здоровьесберегающие технологии как одно из приоритетных направлений при обучении и воспитании студентов СПО

Н. М. Жук, email: chuk_n_m@mail.ru [1]
Т. М. Дуракова, email: mix26@bk.ru [2]
С. Г. Дураков, email: mix26@bk.ru [2]

[1] ОГАПОУ «Алексеевский колледж»
[2] ОГАПОУ «Валуйский колледж»

Аннотация. *В данной работе рассматривается пространство образовательной организации как здоровьесберегающий элемент образовательного процесса, а также показатели и критерии здоровьесберегающего учебного занятия, здоровьесберегающие технологии.*

Ключевые слова: *пространство образовательной организации, здоровье, образовательный процесс, показатели и критерии здоровьесберегающего учебного занятия, здоровьесберегающие технологии.*

Введение

Сегодня студенты, растущие в мире, подключенном к Интернету, страдают нехваткой концентрации внимания и уровень здоровья, к сожалению, с каждым годом становится зачастую все ниже. Это неудивительно, поскольку уже с детства YouTube, ВКонтакте и смартфоны загружают их обновлениями 24/7, а также предоставляют все ответы по запросу в «гугле» или Википедии. Что ведет, с одной стороны, к большому количеству используемой информации [1], а с другой – к снижению уровня здоровья, например, со стороны зрения, осанки и т. д.

Образовательный процесс в колледже характеризуется высоким уровнем нервно-психического напряжения, повышенной суммарной учебной и внеучебной нагрузкой в сочетании с гиподинамией на фоне постоянного нарушения принципов здорового образа жизни. Следствием этого становятся скрытые патологии, обострения хронических заболеваний, переутомления и возникновение депрессий у студентов. Студенческие годы – это тот период жизни человека, когда организм еще молод и способен относительно легко компенсировать внешние воздействия, а возможности головного мозга позволяют

© Жук Н. М., Дуракова Т. М., Дураков С. Г., 2021

усваивать и анализировать значительный объем информации учебно-познавательного характера [2].

Появившееся в последние годы понятие здоровьесберегающих технологий предполагает консолидацию всех усилий образовательных учреждений, нацеленных на сохранение, формирование и укрепление здоровья учащихся и студентов. Здоровьесберегающие технологии решают задачи сохранения и укрепление здоровья сегодняшних учащихся и студентов, что позволит им вырастить и воспитать здоровыми собственных детей. Появившееся в последние годы понятие здоровьесберегающих технологий предполагает консолидацию всех усилий образовательных учреждений, нацеленных на сохранение, формирование и укрепление здоровья учащихся и студентов конференции.

1. Здоровьесберегающее пространство образовательной организации

Здоровьесберегающее пространство образовательного учреждения – территория соблюдения принципов здоровьесберегающей педагогики. Образовательное учреждение, в котором удается создать такие условия, превращается в территорию грамотной, комплексной неустанной заботы о здоровье субъектов образовательного процесса.

Благодаря этому, обеспечивается не только защита здоровья субъектов образовательного процесса от угрожающих или патогенных воздействий, но и формирование и укрепление их здоровья, воспитание у них культуры здоровья.

Рассмотрим факторы, представляющие потенциальную угрозу здоровью субъектов образовательного процесса.

Освещенность – учебная деятельность в условиях недостаточной и неправильной освещенности рабочего места приводит к прогрессирующему ухудшению зрения, снижению работоспособности, повышению нервно-психического напряжения, утомляемости. Изменение интенсивности, цвета освещения, его периодичности неизбежно сказывается на деятельности центральной нервной системы, процессе обмена веществ и здоровье субъектов образовательного процесса.

Задача педагогов – следить, чтобы все светильники в аудиториях были исправны, недопустимо также, чтобы в рабочем состоянии люминесцентные лампы жужжали, даже слабо.

Воздушно-тепловой режим – температура и другие характеристики воздуха в рабочем помещении – во многом определяют как психо-физиологическое состояние организма (ощущение комфорта, работоспособность, темп нарастания утомления), так и риск ухудшения

здоровья. Обеспечить оптимальные микроклиматические условия помещений можно только при наличии в здании эффективных систем вентиляции и отопления, правильной их эксплуатации.

Уровень шума. Для психогигиенической обстановки в образовательном учреждении существенным является такой фактор, как шум. Слабый уровень звукового фона в жизненном пространстве человек не воспринимает – он ему просто необходим. Бесшумная обстановка отрицательно влияет на психику человека (звуковая депривация), поскольку абсолютная тишина не представляет для него привычный окружающий фон [2].

Интенсификация процесса обучения.

В образовательный процесс все активнее входит компьютеризация, создающая дополнительную нагрузку на зрение и психику студентов. Объем учебных программ, их информационное насыщение часто не соразмерны с возрастными и функциональными возможностями учащихся и студентов.

Задача педагогов – следить за объемом учебной нагрузки студентов, за тем, чтобы информационное насыщение было соразмерно их возрастным и функциональным возможностям.

По данным Всемирной организации здравоохранения, до 80% учащихся и студентов России постоянно или часто испытывают стрессы, связанные с образовательным процессом. К таким стрессам относятся: стресс оценивания или экзаменационный стресс; стресс ограничения времени; экспектационная фрустрация (форма хронического дистресса обучающихся, связанная с невозможностью получения желательной отметки или ожидаемой похвалы); переутомление учащихся; стресс психологического давления (обусловлен авторитарным стилем педагогического воздействия на учащихся); коммуникативные стрессы (обусловленные эмоциональными конфликтами между учащимися и педагогами, между самими учащимися).

2. Здоровье сберегающие технологии

Здоровье сберегающие технологии как педагогические технологии обучения применяются с учетом: возрастных особенностей познавательной деятельности студентов; оптимального уровня сложности вариативности методов и форм обучения; оптимального сочетания двигательных и статических нагрузок; обучения в малых группах; использования наглядности и сочетания различных форм предоставления информации; создания эмоционально благоприятной атмосферы; формирования положительной мотивации к обучению; культивирования у школьников знаний по вопросам здоровья.

Одними из педагогических технологий, соответствующих признаку здоровьесберегающих, являются: технология уровневой дифференциации обучения на основе обязательных результатов разработана В. В. Фирсовым (реализуется с учетом):

– системы малых групп среди типов управления познавательной деятельностью;

– целевой ориентации на обучение каждого обучающегося на уровне его индивидуальных возможностей и способностей);

– технология индивидуального стиля учебной деятельности (ИСУД) разработана Н. Л. Галеевой (выступает в качестве дидактического и управленческого ресурса, обеспечивая здоровье сберегающие условия учения (для снятия тревожности, создания условий успеха и развития обучающихся в комфортной обучающей среде) и взаимодействия (для выстраивания договорных отношений учителя и ученика при оценке и самооценке учебного успеха как роста внутренних ресурсов));

– технология «бриколаж» (заимствована из культурологии, термин «бриколаж» ввел основатель структурализма Клод Леви-Стросс; рассматривается Открытым университетом Великобритании как принцип образования в будущем, подразумевает использование элементов игры, различных предметов, устройств и подручных средств для образовательных целей).

Реализация принципов педагогики здоровья на уроке обеспечивается:

– требованиями ФГОС СПО;

– СанПиН 2.4.2.2821–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях»;

– наличием в триединой цели урока здоровьеформирующей и здоровьесберегающей задачи;

– созданием благоприятного социально-психологического климата в группе;

– взаимодействием преподавателя и классного руководителя с педагогом-психологом;

– педагогом в контексте сопровождения личности в учебно-воспитательном процессе;

– сменой видов деятельности, что является профилактикой утомления и создает ситуацию успеха для обучающихся, реализующих себя во время урока в разных видах учебной деятельности;

– использованием физкультминуток на уроке для снятия психоэмоционального напряжения, профилактики общего, умственного и зрительного утомления, снятия статической нагрузки;

– формированием учебных групп с опорой на микроклимат, что способствует благоприятному социально-психологическому климату в учебном коллективе;

– дифференцированным характером домашних заданий, что позволяет реализовать индивидуальный подход к обучающимся и создает условия для самореализации студентов.

К организационно-педагогическим здоровьесберегающим технологиям относится технология здоровьесберегающего занятия. Данная технология реализуется через грамотную организацию занятия, что способствует предупреждению утомления обучающихся, поддержанию их умственной работоспособности и активизации обучения студентов. Дать оценку оптимальной организации образовательного процесса, физической активности обучающихся, соблюдению гигиенических требований возможно при использовании метода хронометража учебного занятия.

Здоровье сберегающее учебное занятие соответствует следующим показателям и критериям (см. таблицу) [3]:

Таблица

Показатели и критерии здоровье сберегающего занятия

№ п/п	Показатель	Критерий
1	По плотности учебного занятия	60–80%
2	По количеству видов учебной деятельности	3–5
3	По средней продолжительности смены видов учебной деятельности	Не более 10–20 минут
4	По частоте чередования различных видов учебной деятельности	Через каждые 10–20 минут
5	По наличию эмоциональных разрядок для снятия психоэмоционального напряжения	1–3
6	По наличию физкультминуток (гимнастика для глаз, динамических пауз, саморегуляции, дыхательной гимнастики, артикуляционной гимнастики, пальчиковой гимнастики, технологии музыкального воздействия и т. д.)	1–3 упражнения за учебное занятие

Окончание таблицы

№ п/п	Показатель	Критерий
7	По чередованию позы обучающегося	В соответчики с видом учебной работы
8	По утомляемости обучающихся	35–45 минут от начала часа
9	По оценке социально-психологического климата	Преобладание положительных эмоций у обучающихся и преподавателя
10	По использованию технических средств	Умеренное использование технических средств обучения
11	По интенсивности домашнего задания	Дифференцированно, дозированно
12	По наличию рефлексии, саморефлексии	Не более 3-х

Заключение

Таким образом, при организации здоровье сберегающего учебного занятия необходимо учитывать: гигиенические условия в кабинете (свежесть воздуха и кондиционированность помещения, температуру, уровень освещения и др.); подчеркивается необходимость чередования различных видов учебной деятельности во время занятия (за исключением контрольных работ); установлена продолжительность использования технических средств обучения во время занятия.

При этом реализация принципов педагогики здоровья в образовательном процессе студентов обеспечивается: наличием здоровье формирующего и здоровье сберегающего компонентов на каждой учебной дисциплине и междисциплинарном курсе; интегративным характером учебных занятий, что способствует целостному восприятию учебной информации, лучшему усвоению знаний, снимает перенапряжение и соответствует грамотной интенсификации образовательного процесса и междисциплинарному подходу.

Следует отметить, что реализация принципов педагогики здоровья в воспитательном процессе колледжа обеспечивается: проектированием воспитательных систем, включающих здоровье созидательный

компонент; разработкой и реализацией воспитательных мероприятий, направленных на активизацию здоровье созидающей деятельности обучающихся, преподавателей и родителей; взаимодействием семьи и колледжа в вопросах повышения культуры здоровья субъектов образовательных отношений.

Список литературы

1. Шарипов, Ф. В. Педагогические технологии дистанционного обучения / Ф. В. Шарипов, В. Д. Ушаков. – Москва : Университетская книга, 2016. – 304 с. – ISBN 978-5-98699-183-2.

2. Гараева, Е. А. Здоровье сберегающие технологии в профессионально-педагогическом образовании : учебное пособие / Е. А. Гараева. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013. – 175 с. – ISBN 2227-8397.

3. Цибульникова, В. Е. Педагогические технологии. Здоровье-сберегающие технологии в общем образовании : учебное пособие (с практикумом) для студентов педагогических вузов / В. Е. Цибульникова, Е. А. Леванова ; под редакцией Е. А. Леванова. – Москва : Московский педагогический государственный университет, 2017. – 148 с. – ISBN 978-5-4263-0490-1.

Практика использования электронных платформ при дистанционном обучении

И. Ю. Зуева, email: iz_sosh97@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 97

Аннотация. *В данной работе рассматривается практика использования симуляторов и тренажеров в образовательном процессе на уроках информатики при очном и дистанционном обучении.*

Ключевые слова: *образование, школа, тренажер, информатика, дистанционное обучение.*

Введение

В учебном процессе выполнить реальное действие далеко не всегда возможно. А вот сымитировать его представляется вполне реальным.

На данный момент на помощь учителям и ученикам могут прийти современные технологии обучения такие как симуляторы и тренажеры. Симуляционное обучение обладает определенными положительными характеристиками: тренинги в удобное время, отработка действий при редкой ситуации, изучение и внедрение передового опыта без риска, неограниченное число повторов и фиксация ошибок, снижению «стресса-контакта» с реальной проблемой, позволяет проводить реальную детальную педагогическую аттестацию.

Симуляционное обучение – это реальный механизм повышения компетентности выпускников вузов, либо начинающим профессионалам.

К сожалению, у нас еще нет сложившихся традиций симуляционного обучения. Поэтому применительно к школе можно более или менее конкретизированно говорить только о тренажерах как устройствах для обучения.

1. Онлайн-тренажеры

В условиях дистанционного обучения, отдельно можно выделить онлайн-тренажеры, используемые в образовании.

Онлайн-тренажер – программа в сети интернет, которая позволяет обучаться в самостоятельном режиме или под руководством учителя или тьютора. Изучать можно те или иные области знаний, отрабатывать

© Зуева И. Ю., 2021

практические навыки. Есть варианты даже тренировать когнитивные способности мозга.

Онлайн-тренажер представляет собой набор сервисов: базу знаний, тесты, симуляции, игры. Часто онлайн-тренажеры выполнены в виде социальной сети, где пользователи объединены в группы и соревнуются между собой, набирая очки за правильно выполненные задания [1].

Наиболее часто используемыми в школьном образовании онлайн-тренажерами являются, например, «ЯКласс», «Учи.ру», открывшими бесплатный доступ к своим курсам весной 2020 г. Здесь представлены разработки заданий по многим предметам за курс средней школы.

Обучение в “ЯКлассе” идет в буквальном смысле на собственных ошибках. Ошибки помогают выявить проблемные и непроработанные темы для педагога и собственные пробелы для ученика. Хороший стимул для самообразования, особенно когда видишь, как осваивают программу другие.

Ещё одним замечательным образовательным ресурсом является Российская электронная школа (РЭШ), которая совершенно бесплатно предлагает комплекс интерактивных уроков, содержащих увлекательные видеоролики, тренировочные задания и упражнения для самоконтроля.

На платформе Дневник.ру появилась возможность выдавать домашнее задание онлайн с помощью сервиса SkySmart, генерирующему уникальное задание и автоматически выставляющему отметки. Все эти тренажёры уже успешно используются при обучении информатике.

Данные платформы оказались очень кстати при дистанционном обучении.

Существует несколько разработанных компьютерных тренажеров, преследующих цели формирования компетенций специалистов в сфере ИТ. На сайте профессора К. Ю. Полякова можно увидеть тренажер для изучения работы процессора «Лампанель», тренажеры для изучения логических элементов и др. В профильных классах такие электронные приложения являются хорошим визуализатором теоретических выкладок.

Высокая степень наглядности очень важна при изучении материала. Современные обучающиеся – поколение визуалов. Главной особенностью визуалов является то, что они лучше запоминают информацию с экрана – через картинку или фильм. Использование интерактивных технологий на уроках в современной школе не новшество, а необходимость.

Лауреат Нобелевской премии 2001 года, доктор естественных наук К. Виман создал сайт «Physics Education Technology» (PhET). На сайте PhET существуют модели разных тем. В программе PhET насчитывается более 100 моделей, которые относятся к таким наукам, как физика, математика, химия, информатика и другие [2].

При использовании компьютера на учебном занятии исчезает необходимость мотивации учеников на учебную цель, они с удовольствием включаются в выполнение работы, самостоятельно, пытаются понять предложенное задание, приложить все свои способности и добираются до самой сути. Применение тренажеров и симуляторов на уроках способствуют усовершенствованию практических умений и навыков обучающихся, позволяют найти подход к каждому ребенку, в том числе обучающемуся с ОВЗ, что очень актуально на сегодняшний день.

Симуляторы тренируют скорость реакции, внимание, глазомер. А также способствуют развитию логического мышления и памяти. Преимущество использования тренажеров является быстрая обработка материалов и экономия времени. Очень легко вести учёт прогресса. Эффективное применение тренажеров в образовательном процессе способствует повышению качества образования. Многие дети сочли, что тренажеры – прекрасный дополнительный материал к школьной программе.

Все знают, что для дистанционного обучения необходима жесткая самодисциплина, а его результат напрямую зависит от самостоятельности и сознательности учащегося.

Для учащихся младшего и среднего звена неумение организовать учебное время – является большой проблемой. Отвлечение на посторонние раздражители зачастую отодвигают процесс обучения до времени возвращения родителей с работы. Если в классе постоянный контроль со стороны учителя является мощным побудительным стимулом, то дома без родителей такого стимула нет. Получается, что ребёнок проводит время над уроками целый день, а уроки и к вечеру ещё не выполнены. У детей и родителей складывается ложное впечатление, что объем заданий на дистанционном обучении сильно превышает объем заданий при очном обучении.

При этом одной из проблем для педагога является неуверенность педагога в самостоятельности выполнения учащимися заданий, и соответственно в уровне овладения компетенциями, навыками учащимися. Учителю приходится задавать дополнительные нестандартные вопросы, на которые невозможно ответить, пользуясь шаблонами из интернета. Это позволяет учителю оценить уровень

овладения учеником материала, понимания его смысла и составить представление о подготовке ученика

Причина приоритета традиционного образования кроется в недоверии со стороны родителей к дистанционным формам обучения для школьников.

Ещё одной проблемой при дистанционном образовании является тот факт, что основа обучения по большей части письменная. Для некоторых учащихся отсутствие возможности изложить свои знания также и в словесной форме может вызвать большие затруднения. А значит, данная форма обучения не подходит для развития коммуникабельности.

И всё же, разнообразие контента, контрольно-измерительных работ, электронных учебников и пособий, геймификация, иные наработки значительно расширяют кругозор и методологическую базу и дают возможность повысить качество знаний по изучаемому предмету.

Американский профессор Эдгар Дейл определил, что классические методы и технологии дают 20% усвоение материала, а имитация реальной жизни – 75% [3].

Заключение

Дистанционное образование – вещь очень удобная и полезная. И симуляторы, и тренажёры способствуют организации безопасного образовательного пространства. Но даже самые современные симуляторы не заменят будущим специалистам «живой» практики. Ни программы-тренажеры, ни видео-уроки сами по себе не учат – учит учитель. Главный вопрос – достижение образовательного результата.

Список литературы

1. Как выбрать онлайн-тренажер для образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pedsovet.org/beta/article/kak-vybrat-onlajn-trenazer-dla-obrazovania

2. Юсупова, Ф. Э. Симуляторы в образовательном процессе / Ф. Э. Юсупова, М. О. Солижонова // Вопросы науки и образования. – Иваново : Проблемы науки, 2018. – № 10 (22). – С. 193–195.

3. Конус опыта Эдгара Дейла: эффективная методика изучения английского языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://begin-english.ru/article/konus-opyta-edgara-deyla-effektivnaya-metodika-izucheniya-angliyskogo-yazyka/

Проблемы дистанционного обучения математике

Т. О. Калинина, email: kalinina-t-o@yandex.ru [1]
С. О. Добрикова, email: dobrikova-s-o@yandex.ru [2]

[1] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей № 15 г. Воронеж
[2] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 74 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы дистанционного обучения математике. Подчеркиваются основные трудности и перспективы их преодоления.*

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:

– должны обеспечивать на базе компьютерных телекоммуникаций возможность выбора учащимися широкой номенклатуры содержания образования в зависимости от потребностей;

– должны сформировать условия для оформления индивидуальных учебных планов учащихся и на их основе образовательных траекторий;

– должны создавать условия для формирования и наполнения портфолио учащихся;

– должны дать возможность старшеклассникам готовиться к сдаче ЕГЭ путем формирования разноуровневых групп и дифференциации заданий;

– 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.

© Калинина Т. О., Добрикова С. О., 2021

Образовательный процесс, реализуемый через дистанционные технологии, направлен на:

– увеличение доли самостоятельных занятий обучающихся, не имеющих возможности ежедневного посещения занятий;

– обучение учащихся с ограниченными возможностями здоровья;

– совершенствование методического и дидактического сопровождения этого процесса со стороны школы, а также регулярный систематический контроль и учет знаний обучающихся;

– индивидуальную работу с мотивированными детьми.

1. Направления дистанционного обучения

Из опыта работы можно выделить следующие проблемы дистанционного обучения:

1. Организация учебного дня. Карантин показал, что без четкого режима учебного дня обучение превращается в трагедию как для учеников и родителей, так и для организатора-учителя. Оптимальным решением этого вопроса является так называемый чек-лист с прописанными по минутам действиями для ученика. Сюда нужно включить чтение материала, просмотр видеоурока, выполнение письменных заданий. Опыт показал, что удобно создавать его сразу на неделю.

2. Размещение ресурсов. Понятно, что все задания необходимо размещать на странице федеральной сети Дневник.ру, однако, можно продублировать в беседе класса мессенджера или социальной сети, так доступ к информации быстрее и в большинстве случаев легче.

3. Обратная связь. Контроль выполнения заданий, как показал опыт работы на дистанте, является самой большой трудностью. Огромный поток писем и сообщений, отправляемых в любое время дня и ночи, сдача работ с большим опозданием или вовсе игнорирование – вот основные проблемы, с которыми мы столкнулись. Здесь можно предложить учащимся часть работ выполнять онлайн, например, на платформах Учи.ру или Якласс, часть присылать в сообщениях или электронными письмами с пометками и в четко ограниченное время, разбивая учащихся на мелкие группы. Можно после работы выложить в общем чате верное решение с подробным обоснованием, чтобы исключить многочисленные вопросы по поводу снижения отметки.

4. Онлайн-уроки. Безусловно, родители и дети требуют общения со своим педагогом онлайн, ресурсы для этого предоставлены такими программами как Зум, Дискорд, Скайп, Дневник.ру и пр. Однако есть и существенные недостатки. Здесь нужна высокая скорость сети и хорошая техника, в противном случае звук идет с задержкой, а картинки и предметы пикселизируются.

5. Культура общения. Не секрет, что грядущее поколение часто не контролирует грамотность написания сообщений, более того удручает тот факт, что современные дети не стыдятся своей безграмотности. Здесь следует набраться терпения и неустанно напоминать о распределении ролей учитель-ученик, а также о правильности написания терминов и слов на родном русском языке.

Тренинг для подготовки к сдаче выпускных экзаменов в формате 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

Как показал последний учебный год, использование дистанционного обучения становится частью образовательного процесса. Проведение занятий удаленно выявило множество трудностей и проблем, в том числе технических и методических, которые мы продолжаем решать. Это огромный опыт и труд, который показал, что учитель способен даже в одиночку успешно осилить многие глобальные вопросы.

Дистанционное образование вытесняет многие традиционные средства обучения, а учителю предстоит с его помощью поддерживать у школьников интерес к изучаемому предмету, 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 / О. В. Генне // Защита информации. Конфидент. – СПб. : 2004. – № 3. – С. 36–39.

Информационно-образовательная авторизованная среда ВУЗа

Г. Р. Катасонова, email: 1366galia@mail.ru [1]
Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru [2,3]

[1] Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
[2] Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена
[3] Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *В статье рассматриваются особенности и вопросы организации дистанционного обучения (ДО) студентов в российских вузах на основе использования информационно-образовательной авторизованной среды. В условиях вирусной пандемии и всеобщего перехода обучающихся на ДО администрации и преподаватели вузов проектируют наиболее оптимальные технические и программные решения, способствующие освоению сетевой, телекоммуникационной форм организации обучения при ограниченных возможностях перемещения. Рассмотрены основные проблемы, возникающие при ДО. Показана эффективность использования информационно-образовательной авторизованной среды в СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича.*

Ключевые слова: *организация дистанционного обучения, электронная информационно-образовательная среда, студенты, российские вузы.*

Введение

Сегодня понятия «цифровое общество», «сетевое обучение», «электронная образовательная среда» стали неотъемлемыми составляющими нашей жизни. Электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) ВУЗа в условиях всеобщего дистанционного обучения, связанного с распространением короновирусной инфекции, является важным звеном между источниками информационных услуг и потребителями ресурсов образовательного характера. ЭИОС включает организационно-методическое обеспечение, средства вычислительной техники,

© Катасонова Г. Р., Абрамян А. В., 2021

образовательные модели [1], телекоммуникационные и информационные технологии [2].

Интеграция традиционного обучения с элементами информационно-телекоммуникационных форм сетевого обучения в российских вузах осуществлялась последовательно в рамках исследовательских и экспериментальных работ. В последние 10-15 лет стали образовываться виртуально-образовательные сообщества студентов – для организации совместной учебной, научной и досуговой деятельности, преподавателей-тьюторов – для организации профессиональной, учебной, научной и воспитательной деятельности, руководителей-администраторов учебных образовательных программ – для организации коммуникаций, мониторинга учебных процессов, успеваемости обучаемых и деятельности преподавателей-тьюторов. В соответствии с направлениями образовательной подготовки, потребностями учебного процесса и академического статуса образовательной организации (ОО) постепенно внедрялись разнообразные виды ДО, включающие фронтально-коллективную, автономно-групповую, индивидуально-обособленную формы обучения.

Вирусная пандемия, начавшаяся в начале 2020 года, ускорила переход российских вузов на использование новых форм дистанционного обучения студентов [3], основанных на использовании безопасных сетевых и электронных форм реализации образовательных программ (ОП) с использованием систем управления учебным контентом (LMS платформы) на основе предметных баз данных и информационно-телекоммуникационных сетей [4].

Согласно рекомендациям Министерства науки и высшего образования РФ, в 2020 году большинство вузов РФ быстро и безболезненно перешли на режим полностью сетевого и ДО.

1. Особенности информационно-образовательной среды вуза

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» включает девять направлений, одним из которых являются «Кадры и образование», где в разделе «Система образования» отмечается приоритет формирования персональной траектории обучения для будущих специалистов цифрового общества. Ключевыми свойствами цифрового общества являются:

– повсеместное использование и продвижение электронных (цифровых) услуг [5];

– оперативная реализация моделей бизнес-идей в различных предметных областях [6];

– качественная коммуникация между организациями, компаниями, органами власти и гражданами в электронной форме;

– применение сетевых платформ для организации ДО и самостоятельной работы обучающихся [7].

В условиях всеобщего дистанционного образования необходимо освоить все элементы цифровых образовательных технологий ЭИОС:

– образовательную методическую систему с учетом формирования целей обучения [8];

– цифровые образовательные ресурсы;

– техническую реализацию среды обучения;

– специализированную подготовку и развитие профессорско-преподавательского состава;

– автоматизацию управления образовательной организацией.

Цифровые образовательные ресурсы в условиях ДО активно используются всеми участниками образовательного процесса:

– преподавателями;

– специалистами органов управления образованием;

– студентами на аудиторных занятиях и при самостоятельной подготовке;

– тьюторами;

– менторами;

– разработчиками учебно-методических материалов;

– родителями.

Коллекции электронных образовательных ресурсов включают методические обучающие материалы (текстовые лабораторные практикумы, аудио и видео-лекции), тематические энциклопедии, программное обеспечение для поддержки учебной деятельности и организации учебного процесса.

Кроме этого, в настоящее время востребованными становятся:

– обучающие тренажеры с удаленным доступом, особенно актуальные для студентов медицинских и технических специальностей [9];

– обучающие средства на основе геоинформационных систем, полезные для студентов логистических, транспортных специальностей;

– сложные экспертные обучающие системы и базы знаний с удаленным доступом для сложных специфических специальностей;

– обучающие системы на основе виртуальной реальности для студентов творческих направлений подготовки.

Техническая реализация среды обучения регламентируется методическими рекомендациями [10] по обновлению материально-технической базы, включающей основные требования:

– скорость соединения в городской местности с сетью Интернет не менее 100 Мб/с, в сельской – не менее 50 Мб/с;

– наличие в компьютерных классах общеобразовательных организаций современной вычислительной техники, необходимого лицензионного программного обеспечения, оборудования для демонстрации обучающих видеороликов и презентаций;

– обеспеченность общеобразовательных организаций информационно-телекоммуникационной инфраструктурой, системами видеонаблюдения, локальными вычислительными сетями, структурированными кабельными системами.

Специализированная подготовка и развитие профессорско-преподавательского состава с учетом активного внедрения дистанционных образовательных технологий (ДОТ) предполагает для полноценной дистанционной реализации образовательных программ повышение квалификации в области создания и управления методической, содержательной, технологической обеспеченности электронной образовательной среды.

Организация удаленных занятий со студентами в режиме онлайн с использованием ДОТ, включает использование:

– платформ для организации видеоконференций (Moodle, Discord, Google Hangout, Google Meet, Hangouts, Zoom);

– программ для подготовки презентаций, нарезки видео, создания коллажей и инфографики (Canva, Snapseed, PicsArt, YouCut);

– сервисов для организации дискуссий с помощью мессенджеров и социальных сетей;

– инструментов для общего использования и редактирования выполняемых заданий и отчетов.

В связи с этим, возникает необходимость выяснения степени готовности преподавателей к работе с ДОТ, наличие знаний и навыков в области применения практического дистанционного обучения, что включает опыт использования современных гаджетов, электронных коммуникаций, программных средств и Интернет-ресурсов.

Для повышения оперативности процесса передачи знаний и уровня их достоверности в каждом вузе необходимо использовать автоматизированную систему управления образовательным процессом. Автоматизация управления образовательной организации позволяет решить ряд задач:

– создание единой базы данных профессорско-преподавательского состава вуза и контингента студентов;

– автоматизация, стандартизация документооборота, переход на электронное делопроизводство;

– оперативный открытый доступ к актуальной информации всех участников образовательного процесса;

– качественный и разносторонний анализ состояния образовательного процесса.

Переход в вузах на полностью ДО выявил некоторые недостатки и особенности, а именно у студентов первого года обучения, находящихся в общежитиях или на съёмных квартирах, у которых слабо сформированы навыки правильной организации самостоятельной работы, отсутствует заинтересованность и мотивация в получении знаний без соответствующего контроля. В ряде удаленных и малонаселённых регионах РФ в связи с отсутствием высокоскоростных каналов связи проблемой является периодическое зависание компьютеров и задержка в системах коммуникаций и связи. Часто, у ряда студентов, находящихся на самоизоляции отсутствует специализированное программное обеспечение, которое установлено в компьютерных классах вуза. У студентов естественно-научных, инженерных специальностей приобретение предметных компетенций при традиционном обучении проходит в специально оборудованных лабораториях, которые дистанционно не функционируют, просмотр видеоматериалов не дает возможности получить необходимые кавыки, а создание виртуальных моделей эмуляции предметных лабораторий процесс достаточно дорогостоящий и быстро теряющий свою актуальность.

У студентов, впервые перешедших на ДО возникает огромное количество вопросов по поводу самостоятельного выполнения заданий без активной поддержки преподавателя, организации групповых чатов и вебинаров, вопросы правильности и объективности оценивания деятельности студентов и прочее. Зачастую, отсутствие оперативной online тьюторской навигации приводит студентов в замешательство и к самоустранению от учебного процесса. Такой же стресс испытывают преподаватели старшего поколения цикла гуманитарных дисциплин (история, физкультура, иностранные языки, культурология) при переходе к полностью сетевой системе ДО, привыкшие осуществлять обучение студентов при непосредственном аудиторном контакте. В данной ситуации необходимо оперативно осуществить организацию курсов по освоению сетевых обучающих технологий и навыки работы с основными Интернет-сервисами для организации лекционных, семинарских и контрольно-экзаменационных занятий. Сегодня во многих вузах РФ разработаны программы по повышению квалификации, где сотрудники ВУЗа и профессорско-преподавательский состав осваивают технологии создания учебных модулей и методы загрузки электронных образовательных ресурсов для дистанционного обучения.

2. Информационно-образовательная авторизованная среда СПбГУТ им. профессора М.А. Бонч-Бруевича

В Санкт-Петербургском университете телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича ЭИОС включает:

– автоматизированную систему управления учебным процессом «Кибея»;

– официальные сайты, официальные сообщества, страницы в социальных сетях, через которые можно получить доступ к оперативной актуальной информации, личному кабинету, портфолио, электронным библиотекам, электронным образовательным ресурсам, рабочим программам и учебно-методическим материалам по всем преподаваемым в университете дисциплинам.

В связи с полной обеспеченностью ЭИОС и необходимой материально-технической базой, университет оперативно перешел на дистанционный формат обучения еще в марте 2020 года.

С переходом на смешанное обучение были расширены функции и возможности личного кабинета преподавателя и обучающегося (рис. 1):

– прикрепление ссылки на сервис (платформу) для проведения видеолекций;

– добавление дополнительного методического материала для студентов всей группы или курса;

– обмен оперативными сообщения с возможностью прикрепления студентами файлов для проверки и оценки выполненных работ;

– самостоятельная отметка студентами о посещении занятия в электронном журнале;

– запросы студентов на пересдачу дисциплин, переэкзаменовку, заполнение и закрытие электронной ведомости преподавателем;

– тесная связь с кураторами учебных групп;

– онлайн участие в различных конференциях, семинарах, олимпиадах, школах актива, днях открытых дверей, творческих мероприятиях.

Система позволяет упростить переход на ДО студентов и преподавателей, обеспечить контроль со стороны администрации за качеством проведения занятий преподавателями, повысить прозрачность и комфортность обучения.

В ходе работы со студентами гуманитарного факультета в условиях ДО активно используется онлайн-сервис Slack, помогающий организовать оперативное общение между всеми участниками учебного процесса в форме групповых бесед с возможностью подключения множества дополнительных онлайн-инструментов и возможностью синхронизации со всеми подключенными устройствами.

Перед началом практического занятия студенты проходят опросы в игровой форме с соревновательным эффектом в программе Kahoot!, что мотивирует студентов в повторении пройденного материала и получения дополнительных баллов и бонусов.

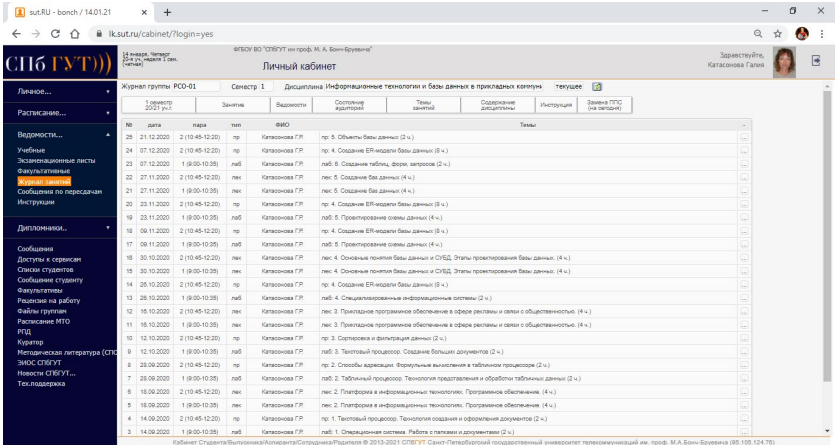


Рис. 1. Личный кабинет преподавателя СПбГУТ

Для структурирования учебных материалов и хранения их в облаке используются сервисы Miro и Google.com. Система ДО СПбГУТ обеспечивает полноценный доступ к РПД и учебно-методическим материалам, однако сервис Miro как большой виртуальный холст, внутри которого располагаются различные методические материалы, удобно использовать в режиме онлайн для организации совместной работу со студентами (рис. 2). Кроме этого Интернет инструмент Miro включает в себя функции отслеживания активности обучающихся, что обеспечивает сбор «цифрового следа» по внесенным ими изменениям на общей доске в режиме реального времени.

Для совместного выполнения проектных работ [11], которыми завершается семестр удобно использовать программу Yougile в которой вся проектная деятельность представлена на привычных досках для знакомства с актуальными задачами, как в Trello и подключением чата, как в Telegram (рис. 3). Готовый отчет можно отобразить в виде диаграммы Гантта, которая позволяет увидеть общий ход процесса (дату начала и окончания задач, последовательность работ), выполняемых членами команды и управлять ими за счет наглядности.

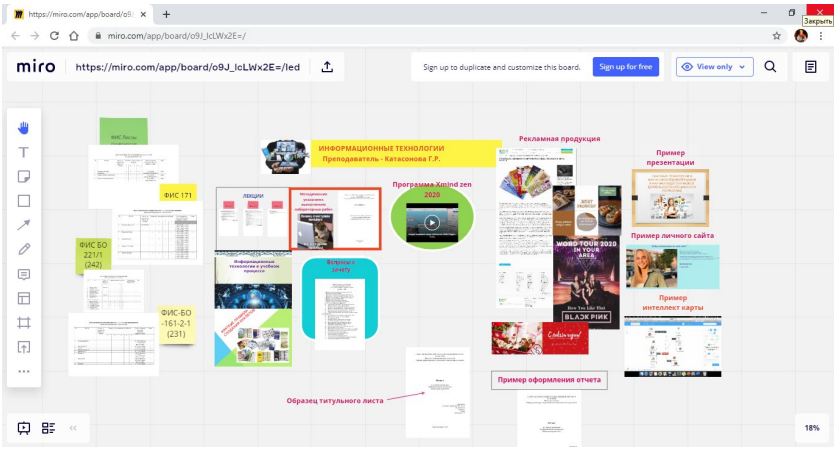


Рис. 2. Доска Miro

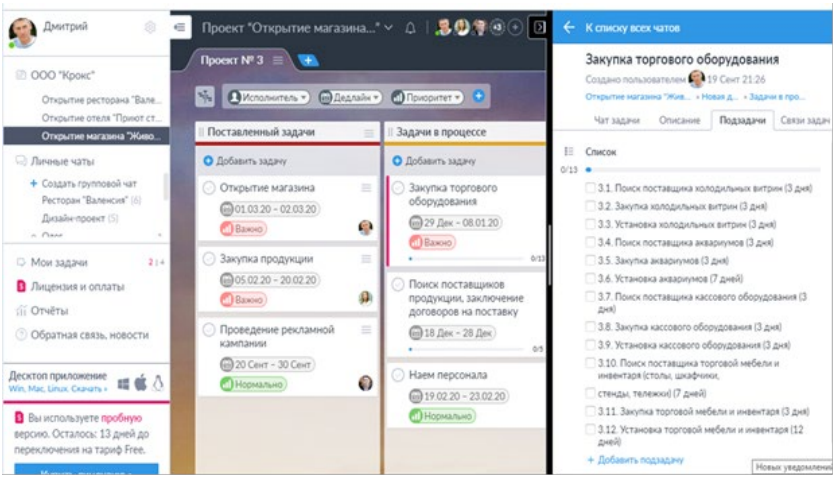


Рис. 3. Окно программы YouGile

Заключение

В условиях всеобщего перехода студентов ВУЗов на дистанционное обучение значимость развития цифровых образовательных технологий резко возрастает. Использование разнообразных образовательных моделей [12-13], элементов геймификации, методик сбора «цифрового следа», ЭОИС, включающую образовательную методическую систему, цифровые образовательные ресурсы, техническую реализацию среды

обучения, специализированную подготовку профессорско-преподавательского состава, автоматизацию управления образовательной организацией позволит уменьшить возможные негативные последствия перехода к полностью дистанционной, сетевой, телекоммуникационной форме организации образования при ограниченных возможностях перемещения обучаемых и преподавателей в условиях вирусной пандемии.

Список литературы

1. 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.
2. Абрамян, Г. В. Опережающее образование педагога и проблемы его информатизации // Г. В. Абрамян / Человек и образование. – 2005. – № 2. – С. 16-19.
3. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. – С. 41.
4. Катасонова, Г. Р. Системный подход к формированию целей обучения информационным технологиям в условиях цифровизации образования / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Информационные технологии в образовании. Материалы XI Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. – 2019. – С. 109-112.
5. Сотников, А. Д. Современные аспекты высшего образования в информационно-цифровом обществе / А. Д. Сотников, Г. Р. Катасонова // Вестник Санкт-Петербургского государственного института культуры. – 2018. – № 2 (35). – С. 138-144.
6. Шкрум, А. С. Тенденции применения аддитивных технологий в различных предметных областях и в медицинской сфере / А. С. Шкрум, Г. Р. Катасонова // Уральский медицинский журнал. – 2020. – № 5 (188). – С. 216-220.
7. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Российская история. – 2012. – Т. 2012. – С. 238.
8. Катасонова, Г. Р. Организационные модели функционирования вузов с учетом формирования целей обучения / Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 483.

9. Шкрум, А. С. Разработка концепции комплексной диагностики и профилактики состояния гигиены полости рта / А. С. Шкрум // В мире научных открытий. – 2017. – Т. 9. – № 4-2. – С. 288-297.

10. Распоряжение министерства просвещения РФ от 17 декабря 2019 года N Р-135 «Об утверждении методических рекомендаций по приобретению средств обучения и воспитания для обновления материально-технической базы общеобразовательных организаций и профессиональных образовательных организаций в целях внедрения целевой модели цифровой образовательной среды в рамках региональных проектов, обеспечивающих достижение целей, показателей и результата федерального проекта «Цифровая образовательная среда» национального проекта «Образование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.garant.ru

11. Катасонова, Г. Р. Проектная деятельность студентов медицинского вуза в условиях развития цифровых образовательных технологий / Г. Р. Катасонова, А. С. Шкрум // Конструктивные педагогические заметки. – 2021. – № 9.1 (15). – С. 144-164.

12. Сотников, А. Д. Проектирование модели образовательной деятельности на основе доменной, объектной и сервисной моделей / А. Д. Сотников, Г. Р. Катасонова // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 2. – С. 159-163.

13. Катасонова, Г. Р. Использование моделей информационного взаимодействия в обучении / Г. Р. Катасонова, А. Д. Сотников, Е. В. Стригина // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. под. ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. – 2015. – С. 1557-1561.

Электронные образовательные ресурсы для студентов медицинского ВУЗа

Г. Р. Катасонова, email: 1366galia@mail.ru [1]
А. С. Шкрум, email: 1966alisa@mail.ru [2]

[1] Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
[2] Санкт-Петербургский государственный университет

Аннотация. *Рассматривается подход к формированию и использованию образовательных ресурсов в условиях дистанционного обучения студентов медицинского вуза, основанный на использовании современных программных решений.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, конструктор курсов, электронные образовательные ресурсы, студенты-стоматологи, электронное тестирование, программные решения.*

Введение

Преподаватели и студенты вузов в условиях перехода на смешанное и дистанционное обучение (ДО) в связи с распространением вирусной инфекции [1] столкнулись с необходимостью пересмотра некоторых форм, методик и средств, используемых в образовательном процессе при формировании и использовании электронных образовательных ресурсов, которые активно используются всеми участниками образовательного процесса:

– преподавателями;
– специалистами органов управления образованием;
– студентами на аудиторных/онлайн занятиях и при самостоятельной подготовке;
– тьюторами;
– менторами;
– разработчиками учебно-методических материалов [2].

Коллекции электронных образовательных ресурсов включают разнообразные методические обучающие материалы (текстовые лабораторные практикумы, презентации, аудио и видео-лекции), тематические энциклопедии, программное обеспечение для поддержки учебной деятельности и организации учебного процесса.

© Катасонова Г. Р., Шкрум А. С., 2021

1. Разработки учебных модулей

На кафедре стоматологии в условиях ДО разработка образовательных модулей и контроль за эффективностью образовательного процесса у студентов стоматологов, аспирантов и сотрудников, которые повышают квалификацию, осуществляется с применением программных продуктов «1С: Электронное обучение. Конструктор курсов».

Постоянно совершенствуемая обучающая система «1С: Электронное обучение. Конструктор курсов» совместно с «веб-кабинетом преподавателя и студента», разработанных на программной платформе «1С: Предприятие 8» для контроля и обучения охватывает несколько уровней знаний и дает возможность создавать коллекции электронных образовательных ресурсов. Разрабатываемые методические обучающие материалы, формируемые по модулям, позволяют постоянного обновлять учебный материал, поддерживая организацию учебного процесса в актуализированном состоянии с возможностью проведения необходимого контроля знаний и компетенций.

Преподавателями кафедры разработаны учебные курсы «Стоматологическая грамотность и гигиеническое состояние полости рта» [3], «Комплексная диагностика и профилактика состояния гигиены полости рта» [4], «Использование аддитивных технологий в медицинской сфере» [5]. Многопользовательский доступ к электронному образовательному ресурсу дает преподавателю возможность через личный кабинет разрабатывать многовариантные сценарии формирования ученого материала.

В Конструкторе курсов разработаны тесты с возможностью перемешивания вопросов из нескольких тем в случайном порядке с мультимедийными вставками, иллюстрациями, схемами и рисунками. При составлении тестов входного контроля знаний используются популярные типы вопросов по принципу выбора правильной последовательности, выбора один из многих или многие из многих, принципа соответствия с установкой времени и определенным количеством попыток. Текущий контроль студентов стоматологов с перечнем выполнения определенных действий с использованием 3D графических моделей дает возможность проверить умения и навыки их выполнения. Это возможно при разработке имитационного сценария с использованием расширенного содержания формы вопроса вкладки «Дополнительно», а также при разработке интерактивных вопросов с использованием инструментов HTML, JavaScript. По окончании тестирования преподаватель сможет автоматизировать проверку

практических умений работы студентов и оценить правильность и последовательность выполнения тех или иных действий в специализированных графических программах, к примеру, 3D моделирование элайнеров [6].

Созданные курсы и тесты при необходимости могут быть опубликованы по стандарту SCORM-2004 для переноса в стороннюю систему ДО, в формате *.html для просмотра в браузере или в формате *.xml для размещения в системы «Экзаменатор» или «Корпоративный университет».

Внедрение в условиях ДО новых форм обучения и контроля с «1С: Электронное обучение. Конструктор курсов» позволило провести преподавателям коллективную разработку курсов, сократив тем самым время их создания, сформировав единую творческую среду обучения, как и для студентов, так и для преподавателей в связи с переходом от традиционной модели обучения к многоуровневым образовательным моделям обучения [7-8].

2. Электронные образовательные ресурсы в обучении

Критерием оценки эффективности дистанционного обучения у студентов-стоматологов служит грамотное использование информационных технологий в учебном процессе, которые влияют на развитие поисковой и творческой деятельности, активизирует способность к самоорганизации при изучении материала, умение самостоятельно принимать управленческие решения в будущей профессиональной деятельности.

Будущие врачи стоматологи, используя дистанционную командную форму работы осуществляют проектную деятельность [9], а именно поиск необходимой текстовой информации, видеоматериалов, научных статей, на основе которых, разрабатывают презентации и создают собственные мини-видеофильмы на заданные темы: «Программы для 3D моделирования в ортодонтии и других отраслях стоматологии», «3D методы диагностики в ортодонтии», «Современные ортодонтические аппараты», «Средства сканирования для изготовления элайнеров», «Оборудование для полного цикла изготовления ортодонтических элайнеров», «Цифровая стоматология». Грамотно разработанный командами студентов материал под руководством преподавателей кафедры заносится в электронную библиотеку кафедры. Для управления командной работы дистанционно студентами используются такие программные решения, как Redbooth, Basecamp, Trello, YouGile, Asana, Podio, Microsoft Teams, Slack, Wrike, Roadmunk и другие.

Опросы и анкетирование обучающихся в конце каждого модуля показывают эффективность использования данной формы обучения, в

которой студенты самостоятельно создают демонстрационные обучающие материалы для каждого модуля изучаемой дисциплины.

Кроме этого, в условиях дистанционного обучения особое значение имеет использование в учебном процессе специализированных программных систем. В частности, система «БИТ. Управление медицинским центром» компании «1С» предназначена для автоматизации финансового, оперативного учета медицинской деятельности коммерческих медицинских центров, многопрофильных, специализированных медицинских учреждений (стоматологическая, офтальмологическая клиники, наркологии) и других организаций сферы здравоохранения (см. рисунок).

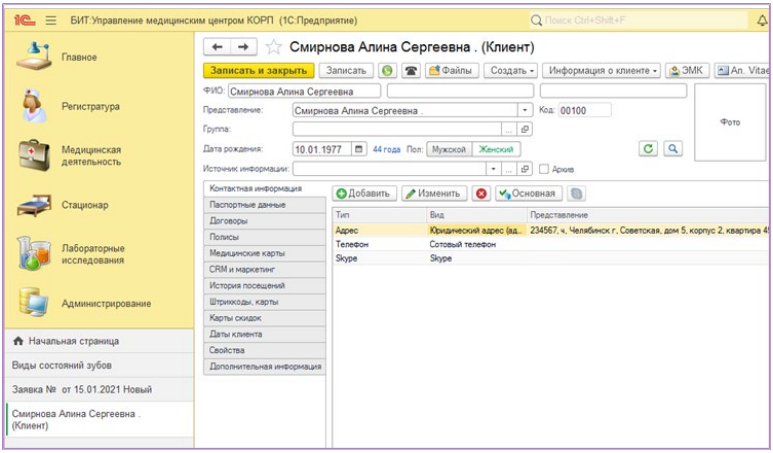


Рис. 1. Окно программы «Управление медицинским центром»

Студенты, используя данное программное решение работают с календарем планирования, записывая потенциальных пациентов на прием, подбирают и рассчитывают необходимые стоматологические услуги, составляют графики работы сотрудников, изучают инструменты маркетинга.

Заключение

Электронные образовательные ресурсы, созданные на платформе «1С: Электронное обучение. Конструктор курсов» дают возможность непрерывного обновления методического обеспечения учебного процесса актуальной информацией, позволяют повысить качество подготовки будущих стоматологов на основе сочетания инновационных педагогических, медицинских и информационных технологий,

предоставляют оперативный открытый доступ к актуальной информации всех участников образовательного процесса с возможностью качественного и разностороннего анализа состояния образовательного процесса в условиях ДО.

Используя на практике информационные технологии, студенты при создании электронных образовательных ресурсов получают навыки работы с программными решениями для обработки изображений и нарезки видео (Snapseed, PicsArt, YouCut), создания презентаций (Prezi, MS Power Point), интеллект-карт (MindMeister, Coggle), рекламной продукции (Canva, MS Publisher), сайтов (Wix, WordPress).

В результате, повышается результативность, мотивация и интерес к изучению различных дисциплин, увеличивается доля участия каждого студента-стоматолога при сборе данных по темам занятий из альтернативных источников.

Используемые в учебной практике специализированные прикладные решения в медицинской сфере позволяют уменьшить возможные негативные последствия перехода к частично или полностью дистанционной форме обучения, оптимизировать организацию ДО при ограниченных возможностях перемещения обучаемых и преподавателей в условиях вирусной пандемии.

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. – С. 41.

2. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Российская история. – 2012. – Т. 2012. – С. 238.

3. Дементьева, А. Ю. Уровень стоматологической грамотности и гигиеническое состояние полости рта воспитанников центров содействия семейному воспитанию г. Санкт-Петербурга / А. Ю. Дементьева [и др.] // Актуальные вопросы стоматологии. Сборник тезисов межвузовской конференции. – 2018. – С. 37-40.

4. Шкрум, А. С. Разработка концепции комплексной диагностики и профилактики состояния гигиены полости рта // А. С. Шкрум // В мире научных открытий. – 2017. – Т. 9. – № 4-2. – С. 288-297.

5. Шкрум, А. С. Тенденции применения аддитивных технологий в различных предметных областях и в медицинской сфере / А. С. Шкрум, Г. Р. Катасонова // Уральский медицинский журнал. – 2020. – № 5 (188). – С. 216-220.

6. Shkrum, A. S. Use of additive technologies in dentistry / A. S. Shkrum, G. R. Katasonova // Information Innovative Technologies. Materials of the International scientific – practical conference. Ed. Uvaysov S. U., Ivanov I.A. – 2020. – C. 24-28.

7. Сотников, А. Д. Проектирование модели образовательной деятельности на основе доменной, объектной и сервисной моделей / А. Д. Сотников, Г. Р. Катасонова // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 2. – С. 159-163.

8. Сотников, А. Д. Проектирование модели образовательной деятельности на основе доменной, объектной и сервисной моделей / А. Д. Сотников, Г. Р. Катасонова // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 2. – С. 159-163.

9. Катасонова, Г. Р. Проектная деятельность студентов медицинского вуза в условиях развития цифровых образовательных технологий / Г. Р. Катасонова, А.С. Шкрум // Конструктивные педагогические заметки. 2021. № 9.1 (15). С. 144-164.

Условия эффективности введения электронного обучения в школьное образование

М. Н. Князев, email: maks@icmail.ru

МБОУ СОШ №76 г. Воронеж

Аннотация. *Данная работа представляет результаты проведённого автором изучения эффективности введения электронного обучения в конкретных условиях школы*

Ключевые слова: *средний балл, электронное обучение, дистанционные технологии, эффективность.*

Введение

В настоящее время в условиях распространения новой короновирусной инфекции наибольшую актуальность в России приобрело электронное обучение с использованием дистанционных образовательных технологий. Электронное обучение как одна из форм получения знаний, развития навыков учащихся существует достаточно давно, но сравнительно недавно законодательно закреплено само понятие. Итак, в Федеральном законе от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 08.12.2020) "Об образовании в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021), ст.16, ч.1 и 2 «под электронным обучением понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Организации, осуществляющие образовательную деятельность, вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии при реализации образовательных программ в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому

© Князев М. Н., 2021

регулированию в сфере высшего образования, по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере общего образования» [1].

Достаточно спорным на сегодняшний момент является вопрос об эффективности применения дистанционных образовательных технологий в школе в целом, а также слабо изученным остаётся вопрос о наиболее эффективных способах их применения в каждом конкретном классе, в каждой конкретной возрастной группе, в конкретных условиях, сложившихся на данный момент. Вопрос об эффективности применения электронного обучения буквально недавно стал ещё актуальнее в свете предоставления возможности законным представителям обучающихся выбрать для своего подопечного ту или иную подходящую индивидуально для него форму обучения.

1. Объект, предмет, цели и задачи, методы исследования, исследовательская база, источник данных

Ввиду вышесказанного, **целью нашего исследования** мы поставили изучение эффективности применения дистанционных образовательных технологий в отдельно взятой школе, классах в ней в конкретных условиях. Под конкретными условиями мы понимаем определённый временной отрезок, в рамках которого имело место всеобщее обязательное (т. е. определённое приказом органа исполнительной власти) применение электронного образования, а также конкретные классы и обязательные учебные предметы, положенные в основу учебного плана школы.

Для определения **исследовательской базы** нужно было решить, сколько человек и в каких классах вовлечь в исследование, сколько и какие учебные предметы взять, какой параметр, полученный в результате педагогических измерений, взять за основу своего педагогического исследования. **Объектом** изучения стал **средний балл учащихся класса,** полученный при промежуточной аттестации по четвертям как статистический показатель уровня сформированности у учащихся всего класса определённых компетенций, как показатель эффективности применяемых в классе на определённом этапе отдельных технологий обучения. **Предмет** исследования – динамика среднего балла учащихся класса при промежуточной аттестации по учебным четвертям.

Среди **задач** исследования выделены следующие:

1. Установить факт влияния электронного обучения на средний балл всех учащихся по всем исследуемым учебным предметам.

– Установить общую динамику среднего балла **по всем предметам** в настоящем учебном году при введении электронного обучения во 2 четверти: в целом средний балл повышается или понижается во 2 четверти по сравнению с 1 четвертью? Каково число классов и сами классы, где средний балл повышается на фоне общего числа исследуемых классов?
– Тот же параметр – аналогичный период (1 и 2 четверти) предыдущего учебного года, в котором электронное обучение не вводилось ни в одной из четвертей.

2. Сделать анализ динамики среднего балла по **каждому** учебному предмету по всем исследуемым классам **в прошлом учебном году** (когда не было электронного обучения): в целом средний балл повышается или понижается? Привести соотношение количества классов с повышением среднего балла к количеству классов с понижением среднего балла. Есть ли тенденция повышения среднего балла по каким-либо отдельным классам?

3. Сделать анализ динамики среднего балла по **каждому** учебному предмету по всем исследуемым классам **в нынешнем учебном году** (при введении электронного обучения): в целом средний балл повышается или понижается? Привести соотношение количества классов с повышением среднего балла к количеству классов с понижением среднего балла. Есть ли тенденция повышения среднего балла по каким-либо отдельным классам? Почему так произошло именно по этому предмету? Именно по этому классу?

4. Сделать выводы, высказать предположения по условиям наиболее эффективного внедрения электронного обучения в школе: электронное обучение – это хорошо или плохо в целом, а также в каких классах и по каким учебным предметам это хорошо или плохо.

Период введения обязательного электронного обучения в г. Воронеже установлен Приказом УОиМП от 05.11.2020 № 1378/01-02 «Об организации образовательной деятельности в муниципальных бюджетных общеобразовательных учреждениях в условиях распространения новой коронавирусной инфекции с 09.11.2020» и Приказом УОиМП от 24.11.2020 № 1487/01-02 «Об организации образовательной деятельности в муниципальных бюджетных общеобразовательных учреждениях в условиях распространения новой коронавирусной инфекции с 30.11.2020» [2-3]. Это часть второй учебной четверти с 09.11.20 г. до 30.11.20 г., когда 1-4 классы учились очно, 5-6 классы в смешанной форме, а 7-11 классы учились полностью дистанционно (для учащихся 11 классов были предусмотрены консультации для подготовки к ЕГЭ в очном формате). Таким образом,

было решено исключить из исследовательской базы учащихся 1-6 классов (они частично или полностью не обучались дистанционно) и 10-11 классы, которые имеют промежуточную аттестацию не по четвертям, а по семестрам. Немаловажную роль в выборе перечня исследуемых классов сыграли одинаковые условия, включающие одинаковый перечень и количество учебных предметов. В 7-9 классах в МБОУ СОШ №76 г.Воронежа обучаются 211 учащихся из 8 классов (7а, 7б, 7в, 8а, 8б, 8в, 9а, 9б) (табл. 1).

Таблица 1

Количество учащихся в школе по классам

Классы	7а	7б	7в	8а	8б	8в	9а	9б
2020-2021	32	30	31	27	27	23	22	19

Мы выбрали 14 учебных предметов гуманитарного, естественно-научного и общеобразовательного профилей.

Источник получения данных – цифровая образовательная платформа «Дневник.ру».

В исследовании были применены следующие **методы**:

5. *Изучение школьной документации* – классных журналов с объективными данными, характеризующими реально сложившуюся практику организации образовательного процесса.

6. *Статистический метод* применялся при обработке массового материала, т.е. при определении средних величин полученных показателей – среднего балла каждого учащегося по каждой учебной дисциплине и учащихся всего класса по каждой учебной дисциплине и по всем учебным дисциплинам в целом.

7. *Теоретический анализ* – анализировались отдельные факты, группировались, систематизировались, выявлялось в них общее и особенное, устанавливался общий принцип или правило. Анализ сопровождался синтезом, который помогает проникнуть в сущность изучаемых педагогических явлений [3].

2. Результаты проведённого исследования

В **результате** изучения школьной документации были выведены величины среднего балла каждого учащегося по каждой учебной дисциплине, затем были получены величины среднего балла учащихся всего класса по каждой учебной дисциплине и по всем учебным дисциплинам в каждом изучаемом классе по четырём четвертям: 1, 2 четверти 2019-2020 учебного года, 1, 2 четверти 2020-2021 учебного года. Итоги исследования занесены в таблицы (табл. 2-5).

Таблица 2

Средний балл. 1 четверть 2019-2020 уч. г.

Классы	7а	7б	7в	8а	8б	9а	9б
Алгебра	3,54	3,52	3,04	3,40	2,94	3,22	3,17
Англ.яз.	3,60	3,57	2,96	4,09	3,78	3,83	3,38
Биология	4,29	4,00	3,34	4,12	3,78	3,92	3,54
История	4,12	3,95	3,35	3,95	3,58	3,68	3,58
География	3,95	3,60	3,30	3,83	3,43	3,67	3,53
Геометрия	3,53	3,50	3,01	3,42	2,96	3,29	3,07
ИКТ	3,86	3,81	3,41	4,10	3,51	3,92	3,60
Краевед.	–	–	–	4,46	4,04	4,51	4,24
Литерат.	4,06	3,79	3,21	4,17	3,89	4,17	3,57
ОБЖ	4,63	4,45	3,91	4,57	4,31	4,51	3,95
Обществ.	3,91	3,73	3,20	3,92	3,47	3,67	3,04
Рус.яз.	3,70	3,44	3,06	3,51	3,22	3,16	3,06
Физика	3,74	3,53	3,28	3,48	3,02	3,55	3,37
Физкульт.	4,31	4,28	4,04	4,45	3,89	4,31	4,31
Все пр.	4,03	3,88	3,49	4,03	3,73	3,78	3,50

Таблица 3

Средний балл. 2 четверть 2019-2020 уч. г.

Классы	7а	7б	7в	8а	8б	9а	9б
Алгебра	3,51	3,40	2,99	3,44	3,04	3,28	3,20
Англ.яз.	3,74	3,52	3,27	3,91	3,43	3,55	3,44
Биология	3,97	3,89	3,41	3,87	3,77	4,13	3,54
История	4,11	4,14	4,02	4,48	3,58	4,55	4,14
География	3,86	3,80	3,39	3,61	3,40	3,60	3,48
Геометрия	3,42	3,22	2,87	3,55	3,06	3,21	3,22
ИКТ	3,98	3,89	3,31	3,95	3,33	3,89	3,72
Краевед.	--	--	--	4,52	4,08	4,51	4,37
Литерат.	3,90	3,61	3,35	3,77	3,64	3,94	3,80
ОБЖ	4,47	4,36	4,42	4,77	4,54	4,63	4,44
Обществ.	3,86	3,61	3,30	3,82	3,44	3,68	3,27
Рус.яз.	3,53	3,32	3,02	3,61	3,33	3,28	3,23
Физика	3,91	3,38	3,20	3,42	3,22	3,56	3,39
Физкульт.	4,51	4,32	4,38	4,49	3,90	4,40	4,30
Все пр.	4,01	3,85	3,61	3,98	3,67	3,86	3,67

Таблица 4

Средний балл. 1 четверть 2020-2021 уч. г.

Классы	7а	7б	7в	8а	8б	8в	9а	9б
Алгебра	3,65	3,22	3,38	3,50	3,38	3,23	3,45	3,19
Англ.яз.	4,08	3,89	3,62	4,09	3,78	3,59	4,32	4,06
Биология	4,63	4,31	3,91	4,19	4,04	4,20	4,43	4,48
История	4,07	3,87	4,12	4,24	3,89	4,30	4,32	4,33
География	4,17	3,64	3,53	3,73	3,65	3,39	3,76	3,31
Геометрия	3,75	3,36	3,41	3,45	3,44	3,13	3,22	3,04
ИКТ	3,80	3,83	3,79	3,72	3,44	3,33	3,92	3,16
Краевед.	4,52	4,13	4,08	4,41	4,22	4,27	4,58	3,87
Литерат.	4,30	3,99	3,66	3,63	3,65	3,83	3,79	3,95
ОБЖ	4,14	4,01	3,93	4,12	3,83	4,30	4,18	4,25
Обществ.	4,24	3,96	3,63	4,00	3,42	3,61	3,53	3,46
Рус.яз.	3,84	3,92	3,66	3,55	3,39	3,29	3,53	3,34
Физика	3,88	3,79	3,57	3,49	3,36	3,29	3,38	3,14
Физкульт.	4,92	4,89	4,22	4,40	4,46	4,38	4,54	4,28
Все пр.	4,17	4,02	3,78	4,05	3,87	3,90	3,97	3,74

Таблица 5

Средний балл. 2 четверть 2020-2021 уч. г.

Классы	7а	7б	7в	8а	8б	8в	9а	9б
Алгебра	3,85	3,62	3,64	3,48	3,47	3,35	3,55	3,07
Англ.яз.	4,10	3,76	3,72	4,26	4,05	3,86	4,04	3,68
Биология	4,23	4,17	3,94	4,37	4,01	3,99	4,01	4,09
История	4,20	4,05	4,08	4,43	4,10	4,39	4,51	4,24
География	4,14	3,70	3,61	3,86	3,59	3,41	3,74	3,10
Геометрия	3,78	3,31	3,19	3,52	3,32	3,16	3,71	3,11
ИКТ	4,07	3,74	3,58	3,95	3,53	3,32	4,04	3,30
Краевед.	4,24	3,84	3,80	4,49	4,32	3,94	4,59	4,17
Литерат.	4,11	3,89	3,68	4,02	3,74	3,92	3,78	3,46
ОБЖ	4,33	4,16	4,17	4,11	3,95	4,09	4,04	4,20
Обществ.	4,28	4,03	3,85	3,89	3,81	3,80	3,92	3,55
Рус.яз.	3,96	3,74	3,58	3,79	3,36	3,31	3,57	3,25
Физика	3,95	3,46	3,39	3,97	3,57	3,47	3,60	3,11
Физкульт.	4,78	4,44	4,13	4,36	4,27	4,30	4,50	4,01
Все пр.	4,20	3,97	3,79	4,07	3,84	3,82	4,01	3,67

Во 2 четверти каждого учебного года фиксировались случаи повышения и понижения среднего балла учащихся всего класса в целом по каждой учебной дисциплине. Жёлтой заливкой или шрифтом красного цвета выделено повышение среднего балла.

Путём теоретического анализа факт влияния электронного обучения на средний балл всех учащихся по всем предметам установлен. Кроме этого, проведённым исследованием установлена:

– Общая динамика среднего балла **по всем предметам** в настоящем учебном году при введении электронного обучения во 2 четверти: в целом средний балл во 2 четверти по сравнению с 1 четвертью в 4-х классах повысился (7а, 7в, 8а, 9а) и в 4-х классах понизился (7б, 8б, 8в, 9б).

– В аналогичном периоде (1 и 2 четверти) предыдущего учебного года, в котором электронное обучение не вводилось ни в одной из четвертей, установлено, что средний балл в 3-х классах повысился (7в, 9а, 9б) и в 4-х классах понизился (7а, 7б, 8а, 8б).

Соотношение количества классов с повышением (+) и с понижением (-) среднего балла по учебным годам отражено в табл. 6.

Таблица 6

Соотношение количества классов с повышением (+) и с понижением (-) среднего балла по учебным годам

Учебный предмет	2019-2020 уч.г.		2020-2021 уч.г.	
	+	-	+	-
Алгебра	4	3	6	2
Английский язык	3	4	5	3
Биология	2	5	2	6
История	5	2	6	2
География	2	5	4	4
Геометрия	3	4	5	3
ИКТ	2	5	5	3
Краеведение	3	1	4	4
Литература	2	5	4	4
ОБЖ	5	2	4	4
Обществознание	3	4	7	1
Русский язык	4	3	4	4
Физика	4	3	5	3
Физкультура	5	2	0	8

Соотношение количества учебных предметов, в которых увеличился (+) и уменьшился (-) средний балл по учебным годам после введения электронного обучения отражено в табл. 7.

Таблица 7

Соотношение количества учебных предметов, в которых увеличился (+) и уменьшился (-) средний балл по учебным годам после введения электронного обучения

Класс	Учебный год		Результат
	2019-2020	2020-2021	
7а	3	9	+
7б	4	5	+
7в	8	7	-
8а	7	10	+
8б	6	9	+
9а	8	8	
9б	11	4	-

Таким образом, по отношению к аналогичному периоду прошлого учебного года средний балл вырос по 9 учебным предметам, по 5 учебным предметам средний балл понизился (биология, краеведение, ОБЖ, русский язык, физкультура).

Заключение

Проведённое изучение эффективности введения электронного обучения в конкретных условиях школы позволяет сделать следующие **выводы**:

1. Электронное обучение – это в целом хорошо, эффективно.
2. Эффективность электронного обучения не зависит от конкретного профиля учебного предмета, по которому оно вводится – повышение среднего балла наблюдается по учебным предметам всех профилей.
3. Частные замечания по отдельным учебным предметам:

– Во 2-ой четверти 2020-2021 учебного года зафиксировано резкое снижение среднего балла по учебным предметам: краеведение, ОБЖ, физкультура. Позволим себе высказать предположение, касающееся отмеченного феномена: указанные выше учебные предметы не могут быть изучены в школе дистанционно.

– Зафиксировано резкое повышение среднего балла по учебным предметам: алгебра, обществознание. Позволим себе высказать предположение, касающееся отмеченного феномена: эти предметы самые популярные на ЕГЭ, очевидно, можно найти много материала по этим предметам в сети Интернет. В период пандемии изучение указанных предметов может быть оставлено в электронной форме.

– В выпускных классах (9а, 9б) форма электронного обучения не привела к повышению среднего балла, т. е. оказалась неэффективна.

Предположение, касающееся отмеченного феномена: возможно, были недоработки в организации учащихся – в данных классах нужна очная работа.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 08.12.2020) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_140174

2. Приказ УОиМП от 05.11.2020 № 1378/01-02 «Об организации образовательной деятельности в муниципальных бюджетных общеобразовательных учреждениях в условиях распространения новой коронавирусной инфекции с 09.11.2020» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://edu-vrn.ru/category/deyatelnost

3. Приказ УОиМП от 24.11.2020 № 1487/01-02 «Об организации образовательной деятельности в муниципальных бюджетных общеобразовательных учреждениях в условиях распространения новой коронавирусной инфекции с 30.11.2020» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://edu-vrn.ru/category/deyatelnost

4. Общая педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. учеб, заведений / Под ред. В.А. Сластенина: В 2 ч. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. – Ч. 1. – С.25-29.

Аспекты дистанционного формата обучения дополнительного образования школьников в сфере информационных технологий на примере курсов Яндекс.Лицея

Е. А. Копытина, email: zhemkaterina@yandex.ru
А. В. Копытин, email: kopytin@cs.vsu.ru
Ю. В. Шишко, email: shishkoulia@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье рассматриваются аспекты дистанционной работы курсов дополнительного образования в области IT, ориентированных на учащихся 7–10 классов общеобразовательных учебных учреждений. На примере Яндекс.Лицея описывается процесс дистанционного обучения и контроля успеваемости.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, дополнительное образование, Яндекс.Лицей, основы программирования на языке Python, основы промышленного программирования на языке Python.*

Введение

Пандемия внесла значительное изменение в процесс обучения, как общеобразовательного, так и профессионального: учителя и преподаватели переводили в электронный вид обучающие материалы, осваивали новые технологии взаимодействия с учениками, стремились максимально качественно проводить занятия в новых условиях. Дисциплины, связанные с информационными технологиями, оказались наиболее готовыми к изменениям: учителя школ и преподаватели вузов на протяжении уже многих лет шли рука об руку с самыми современными обучающими технологиями, поэтому не составило особого труда перенести свои материалы и установить контакт с учениками посредством, например, образовательного портала. Дополнительное образование школьников в сфере информационных технологий Яндекс.Лицей занимает промежуточное положение между школьной программой информатики и информационными технологиями, изучаемыми в высшей школе. Основными задачами курсов дополнительного образования Яндекс.Лицей являются:

- профессиональная ориентация школьников,
- помощь в приобретении навыков для начала карьеры в области IT.

© Копытина Е. А., Копытин А. В., Шишко Ю. В., 2021

Занятия Яндекс.Лицея, как и многие другие курсы дополнительного образования, проводились до пандемии только в очном формате и исключали заочное обучение. Безусловно, переход на дистанционную форму обучения всех образовательных учреждений оказал влияние на характер занятий, проводимых в Яндекс.Лицее.

1. Дистанционный отбор в Яндекс.Лицей

На базе факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета осуществляется обучение школьников программированию курсами «Основы программирования на языке Python» и «Основы промышленного программирования на языке Python» в рамках образовательного проекта Яндекса [1]. Прежде чем начать обучение в Яндекс.Лицее, ученики 7–10 проходят серьезный двухэтапный отбор.

Впервые в 2020 году данный отбор проходил полностью дистанционно. На первом этапе потенциальным ученикам предлагался логический тест и были открыты первые ознакомительные уроки, чтобы ученик мог познакомиться с уровнем преподаваемого материала и оценить свои силы. На втором этапе посредством Skype и электронной записи проводилось собеседование учеников с преподавателями, где определялась мотивация и степень заинтересованности ученика. Из учеников, успешно прошедших отбор, были сформированы 3 группы по 15 человек. В свою очередь и преподаватели, подавшие заявку на участие в проекте, как обычно, проходили жесткий дистанционный отбор, демонстрирующий знания и навыки программирования, а также умение просто и доступно дать материал.

На второй же год обучения, курс «Основы промышленного программирования на языке Python», прошли ученики, которые успешно усвоили материал первого года обучения. Для них никаких дополнительных испытаний не проводилось. Было сформировано 2 группы по 15 человек.

2. Дистанционное обучение в Яндекс.Лицее

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 [2]. Преподаватель Яндекс.Лицея в праве сам выбирать технологию для связи с учениками. Преподаватели площадки на базе факультета компьютерных наук выбрали Discord в силу доступности данной технологии обеими сторонами обучающего процесса, простоты использования, функциональности: как

преподаватель может демонстрировать материал урока, так и ученики имеют возможность показать свой программный код до отправки в тестирующую систему. Для повышения интереса учеников были использованы ачивки, которые выдаются по итогам занятия и отражают лучшие качества ученика, проявленные на уроке: «самый любопытный», «мастер каверзных вопросов», «мастер по прыжкам выше головы» и другие. Но, помимо Discord, существует и обучающая система, которая содержит все необходимые для урока материалы и тестирующую систему, где преподаватель может посмотреть программный код и подсказать ученику во время урока, в чем заключается его ошибка, а ученик может увидеть данные, на которых его решение не было зачтено тестирующей системой, усовершенствовать алгоритм и отправить на проверку снова (см. рис. 1).

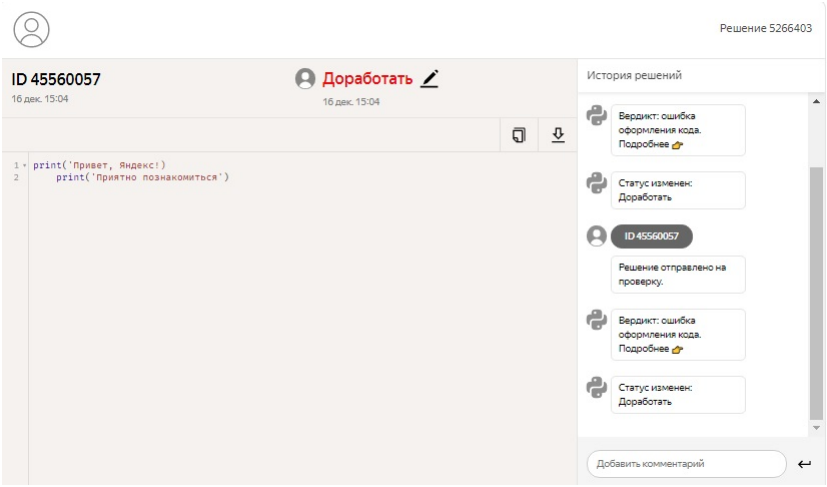


Рис. 1. Окно отправки решения LMS

На данном этапе обучения крайне важен контакт ученика с преподавателем, потому как ученики в группе могут быть дифференцированы: многие начинают изучать программирование с нуля, некоторые хотят забежать вперед и узнать гораздо больше, другие же, в силу возраста, стесняются задавать вопросы, тем самым накапливая недопонимание материала.

Второй год обучения связан с командной разработкой, в частности, сервисов для Яндекса. Подавляющая часть материала дается в формате «повторяй за мной», где преподаватель совместно с учениками пишет

программный код и подробно объясняет принципы работы того или иного алгоритма. Практически все задачи второго года обучения преподаватель проверяет вручную, без тестирующей системы, поэтому крайне важно и здесь поддерживать контакт с учеником: объяснить, почему решение является некорректным или неуниверсальным, понять, что именно хотел реализовать ученик, применяя тот или иной подход.

Если контроль успеваемости у первокурсников осуществляется с помощью самостоятельных и контрольных работ, внедренных в обучающую систему, где решения проверяются на антиплагиат, то у второго года проходят защиты проектов, где каждый ученик рассказывает о результатах своей работы, а также демонстрирует функциональность разработанной программы.

В ходе обучения у преподавателя формируется итоговая ведомость, отражающая успеваемость и посещаемость учениками занятий, представленная на рис. 2, с помощью которой преподаватель отслеживает профессиональный прогресс ученика и своевременно информирует родителей учеников о наличии проблем.

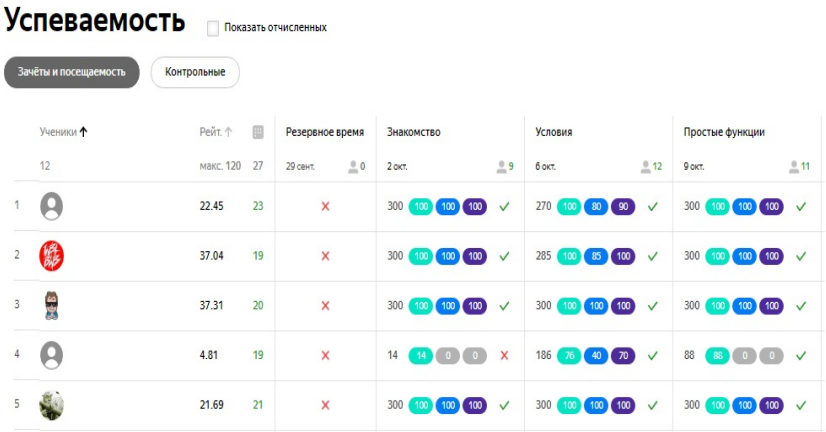


Рис. 2. Окно «Успеваемость»

Задач в обучающем проекте 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 согласно положению о проекте.

2. После каждого года обучения ученики получают не только знания в области IT, но и сертификаты от Яндекса, свидетельствующие о прохождении курсов.

Заключение

Несмотря на значительную подготовленность курсов дополнительного образования Яндекс.Лицей к переходу на дистанционную форму обучения, ученикам, особенно первого года обучения, курса «Основы программирования на языке Python», не хватает контакта с преподавателем. Так, например, 16 % школьников 1 года, обучающихся на площадке Воронежского государственного университета, покинули проект в течение первых месяцев, из-за нежелания учиться дистанционно, в то время как в прошлом году за тот же период покинули проект только 7 % по причине неготовности связать свою жизнь с IT-технологиями. Благодаря высокой мотивации учеников, квалификации преподавателей, поддержке и энтузиазму методистов проекта обучающий процесс в Яндекс.Лицее не останавливается. Однако, вся команда проекта надеется на возвращение к привычному, очному формату обучения.

Список литературы

1. Курсы – Яндекс.LMS [Электронный ресурс]: система управления обучением. – Режим доступа: https://lyceum.yandex.ru

2. Копытина, Е. А. Дополнительное образование школьников в сфере информационных технологий на примере курса «Основы программирования на языке Python» Яндекс.лицея / Е. А. Копытина, А. В. Копытин, Ю. В. Шишко // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы 20-й Международной научно-методической конференции, Воронеж, 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж, 2020. – С. 1830-1834.

Создание материалов для контроля знаний учащихся при дистанционном обучении

Т. М. Лаптева, email: lapteta@ya.ru

МБОУ Лицей № 6 городского округа г. Воронеж

Аннотация. *В работе рассматривается опыт создания материалов для контроля уровня знаний обучающихся при дистанционном обучении..*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, контроль знаний, onlinetestpad.*

Введение

Мы живём в век стремительных изменений, которые происходят в природе, в обществе, в технологиях, мир меняется и вся социальная инфраструктура меняется вместе с ним, не может остаться в стороне и система образования.

Любые изменения неоднозначны, есть у них плюсы и минусы, но в связи с их неизбежностью, на взгляд автора, нужно меняться и человеку и социальным институтам и механизмам и методам, применяемым для достижения различных целей, в том числе и образовательных. В этой статье автор хочет поделиться опытом создания и использования материалов для эффективного, по его мнению, контроля уровня знаний учащихся среднего и старшего звена школы при дистанционном обучении.

1. Создание материалов для контроля знаний учащихся при дистанционном обучении

Когда впервые пришлось неожиданно перейти на работу в дистанционном режиме, автор столкнулся со следующими проблемами: платформы электронного образования для школ требуют регистрации всех учащихся (не все дети и родители охотно на это соглашаются, а также это требует времени и координации), качество материалов не всегда удовлетворительное.

При знакомстве с материалами (по информатике) на одной из платформ, автором была обнаружена ошибка, чтобы сообщить о ней, нужно было заполнить форму, в которой требовалось сообщить избыточную обязательную информацию об отправителе, желания сообщать эту информацию не возникло, из-за чего ошибка так и

© Лаптева Т. М., 2021

осталась неисправленной. На взгляд автора, следует сделать эти системы более гибкими, т.е. поделиться информацией об ошибке или неточности следует предоставить возможность каждому, а уже решение о необходимости коррекции отдать модератору, который разбирается в теме.

Кроме того, в интернете легко обнаружить ответы ко всем готовым тестам, из-за чего пропадает объективность контроля. Автора это не устраивает.

По наблюдениям автора, небольшая часть учащихся работает, и успешно осваивает программу в дистанционном режиме, значительная часть учащихся, работает время от времени, но тесты и другие работы выполняет с помощью интернета, прочие учащиеся работают недостаточно для того, чтобы усвоить материал, но списанные однотипные работы присылают.

Для автора решением перечисленных проблем стало создание своих учебных и контрольных материалов с помощью бесплатного многофункционального сервиса для проведения тестирования и обучения Onlinetestpad.com [1]. Это требует значительных временных затрат на начальном этапе создания материалов, но приносит свои плоды. В 2020-2021 учебном году, во время дистанционного обучения автор повысила эффективность своей работы, используя материалы, созданные ранее, а также внесла поправки в методы работы.

Сервис Onlinetestpad.com позволяет создавать уроки, комплексные задания, тесты, кроссворды опросы и даже системы дистанционного обучения и тестирования (последнее автор не пользовал, но планирует использовать в будущем).

Для работы с сервисом нужно пройти регистрацию, после чего можно создавать свои разработки. Автор чаще использует тесты (см. рис. 1).

После того как тест готов создаются 2-3 его копии, в которых меняются некоторые вопросы или числовые значения (в вычислительных задачах), настраивается доступ к тестам копиям по времени, например с 12:00 до 12:30 Тест1, с 12:30 до 13:00 Тест2, … (тесты ограничиваются по времени, о чём сообщается в регистрационной форме). Этим практически исключается возможность пройти тест дважды, первый раз, чтобы увидеть вопросы и в спешном порядке найти ответы на них, а второй для получения оценки, или одним учащимся поделиться с другими верными ответами. Автор запрещает копировать текст вопросов, эта удобная функция встроена в сервис Onlinetestpad.

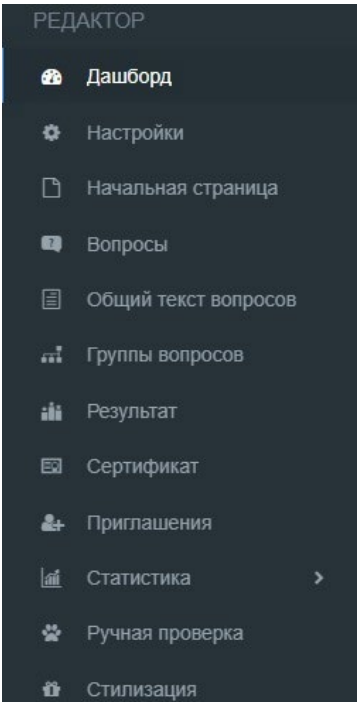


Рисунок. Окно Редактора теста сервиса Onlinetestpad.com

Следует отметить, что тест может, при необходимости, быть средством самоконтроля учащихся и тогда многократное его прохождение лишь поощряется.

Возникали порой курьёзные ситуации, когда тест уже изменен на копию, а верные ответы вносят от предыдущего теста, или когда при выполнении теста тратится промежуток времени, меньший, чем тот который требуется для решения одной из вычислительных задач в этом тесте.

Для создания теста, предназначенного для промежуточного контроля знаний по некоторой теме школьного или иного курса, следует выполнить ряд действий по его созданию, а затем настроить тест для его эффективной работы.

Рассмотрим создание подобного ресурса (теста) по шагам.

1. Войти в профиль Onlinetestpad.
2. Выбрать слева в меню Тесты.
3. Нажать «+ Добавить» в правом верхнем углу окна.

4. Ввести в диалоговом окне название нового теста и выбрать его тип из предложенного списка (психологический, личностный, образовательный) и нажать кнопку «Добавить».

5. Слева в Редакторе см. Рисунок, выбрать «Начальная страница», затем, при необходимости, ввести описание теста и инструкцию (автор указывает тему и время, отведённое на выполнение теста). Обязательно добавить форму регистрации, для этого нажать на изображение карандаша справа, затем «Добавить», в поле «Название параметра» указать: Фамилия и имя, после чего отметить флаг «Обязательное к заполнению». Ещё раз нажать «Добавить», в поле Название параметра указать: класс, тоже отметить флаг «Обязательное к заполнению», после чего нажать «Сохранить».

6. Добавить автора и источник информации.

7. Добавить вопросы теста, для этого: слева в «Редакторе» выбрать «Вопросы», после чего нажать на кнопку «+», которая находится в правом нижнем углу окна, в списке выбрать необходимый тип вопросов, например, одиночный выбор. (разновидности вопросов поражают разнообразием: одиночный выбор, множественный выбор, ввод числа, ввод текста, ответ в свободной форме, установление последовательности, установление соответствия, заполнение пропусков, интерактивный диктант, последовательное исключение, слайдер, загрузка файла, информационный текст, слова из букв, фразы из слов, поиск в тексте, вставка из другого теста).

8. Ввести текст вопроса, заполнить варианты ответа, ввести количество баллов за верный ответ, нажать «Сохранить». В текст вопроса можно добавлять рисунки и формулы. С помощью пункта «Общий текст вопроса», выделить общий текст, который будет отображаться во всех вопросах, чтобы сократить время на написание общей части, а добавлять только вариативную часть. Можно несколько вопросов объединить в группу, с помощью пункта «Группы вопросов» и выбирать, при каждом прохождении теста, случайную задачу из этой группы.

9. Добавить остальные вопросы.

10. Перейти к пункту «Настройки». На вкладке Основные настройки отметить пункты «Запретить копирование текста вопроса в буфер обмена», «Ограничить время прохождения теста», «Перемешать вопросы», «Перемешать варианты ответов», «Обязательны ответы на все вопросы», остальные по желанию.

11. На вкладке Настройки результата отключить «Показать ответы на вопросы», «Показать правильные ответы».

12. На вкладке Доступ к тесту включить «Ограничить по времени доступ», при необходимости «Ограничение на прохождение» по IP-адресу или Cookie.

13. Перейти к пункту Редактора Результат, включить «Выставлять оценку по результату теста», при необходимости отредактировать критерии оценок.

14. Перейти к пункту дашборд, открыть тест, т. е. сделать его доступным для прохождения.

15. Тест готов.

После выполнения вышеуказанных пунктов, необходимо скопировать основную ссылку на тест в меню дашборд и вставить её в текст описания урока или иным способом поделиться с учащимися.

Результаты прохождения теста можно посмотреть в сводной таблице, обратившись к пункту редактора Статистика, их можно экспортировать в Excel, а можно выполнять ручную проверку. Сводная информация весьма обширна, включает даже время, затраченное на тест, а также IP-адрес устройства, которым пользовался учащийся при выполнении теста.

В меню дашборд можно сохранить созданный тест в формате pdf, а также скачать его в полной функциональности на свой компьютер, для прохождения без интернета (в виде zip-архива), кроме того, можно поделиться тестом, с пользователем, зарегистрированным в Onlinetestpad для совместной проверки результата и настройки теста.

Заключение

В 2020-2021 учебном году автор работает и в традиционной, и в дистанционной форме, после чего был сделан вывод, о том, что сервис Onlinetestpad удобно использовать вне зависимости от формы обучения. Созданные ранее тесты в pdf-формате или в формате web-страницы (без интернета), созданные в прошлом учебном году применимы при обучении и в текущем учебном году.

Список литературы

1. Бесплатный многофункциональный сервис для проведения тестирования и обучения [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://onlinetestpad.com/ru

Проблемы организации обучения физике в дистанционном формате

И. А. Осипова, email: irinatmb741@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы организации лекционных, практических и лабораторных занятий по физике в дистанционном формате.*

Ключевые слова: *дистанционное образование, образовательный контент.*

Введение

Дистанционное образование – это одна из прогрессивных современных образовательных технологий, получивших в последнее время мощное развитие в связи с вынужденным переходом на дистанционные формы работы в условиях пандемии.

В настоящее время одним из основных умений, которое должно быть сформировано у обучающегося является умение самостоятельно учиться. В связи с переходом на дистанционные формы обучения объем самостоятельной работы вырос. Перед преподавателями и учителями стоит задача организации занятий таким образом, чтобы направить учащихся по наиболее эффективному пути, предсказывая возможные проблемы, пути их решения, организуя обратную связь. Важно заметить, что выбранные методы и средства должны быть эффективны не только по отношению к учащимся, но и самим преподавателям, позволяя им организовать занятия без увеличения времени на подготовку, проверку и контроль.

Несмотря на то, что сейчас разработан и находится в доступе большой образовательный контент, наблюдается явное противоречие между необходимостью качественной организаций дистанционных занятий, учитывающих самостоятельную форму работы и недостаточностью методической и технической поддержкой этой формы. В связи с этим актуальным является разработка и дальнейшее совершенствование методов и средств, позволяющих качественно подготовиться и провести дистанционные занятия, организовать эффективную самостоятельную работу учащихся, организация обмена опытом между практикующими преподавателями.

© Осипова И. А., 2021

1. Разработка моделей

Практические и лабораторные занятия в Тамбовском государственном техническом университете проводятся со студентами младших курсов инженерных специальностей очной и заочной формы обучения, так же с учащимися 10 и 11 классов политехнического лицея-интерната при ТГТУ. В связи с переходом на дистанционный формат обучения возникла проблема по решению трех задач: организация лекционных, практических и лабораторных занятий.

Первая задача была решена наиболее просто благодаря использованию возможностей платформы Zoom. Привычный для студентов формат легко реализовался с использованием презентации PowerPoint, включающей основные лекционные моменты, демонстрационные видеоролики физических экспериментов и пояснение выводов и сложных моментов путем написания на листе и демонстрации с помощью дополнительной видеокамеры. Записанное лекционное занятие часто используется студентами или школьниками, которые не смогли присутствовать на лекции или желают повторно ее изучить. Было отмечено, что дистанционный формат лекционных занятий повысил активность студентов заочного отделения, пропускающих очные занятия из-за невозможности уйти с работы. В ходе лекции имеется возможность для организации обратной связи, что важно для качественного чтения лекции на достаточно высоком уровне.

Практические занятия по решению задач организуются примерно по такому же сценарию, однако значимость реализации обратной связи вырастает многократно. При решении задач преподавателю важно не только демонстрировать свое решение, но и видеть решения всех участников, иметь возможность обсуждать возникшие проблемы, своевременно реагировать на ошибки, уметь вовлечь в обсуждение наибольшее количество участников конференции, оперативно реагировать на возможные предложенные варианты решения, показывать ошибки и пояснять возможности их исправления. Для этого нужен инструмент, позволяющий быстро передать написанные от руки решения учащимися преподавателю, демонстрировать их всем участникам конференции, вносить письменные замечания и правки. К сожалению, имеющиеся в общем доступе платформы для онлайн работы такими средствами не обладают. Это приводит к разрыву между возможностями дистанционной формы организации занятий и необходимостью быстрой и оперативной обратной связи. Решением этой проблемы стало использование одновременно с платформой Zoom мессенджеров, в частности WhatsApp или электронную почту, которые позволили во время демонстрации экрана вывести присланные

сообщения, сделать их доступными всем участникам конференции и, используя инструмент «Комментировать», в режиме реального времени писать на экране, рисовать, выделять, стирать, менять цвет и толщину линий. Это может делать как преподаватель, так и обучающиеся, которым передается право демонстрации и комментирования. На рис. 1 показан пример использования мессенджера в конференции Zoom. Видно, что имеется возможность быстро листать представленные материалы, увеличивать их масштаб, оставлять письменные комментарии непосредственно на экране. Звук и видео участников конференции отключены в целях стабилизации работы платформы. Это является недостатком доступной версии, указывает на возможные пути совершенствования.

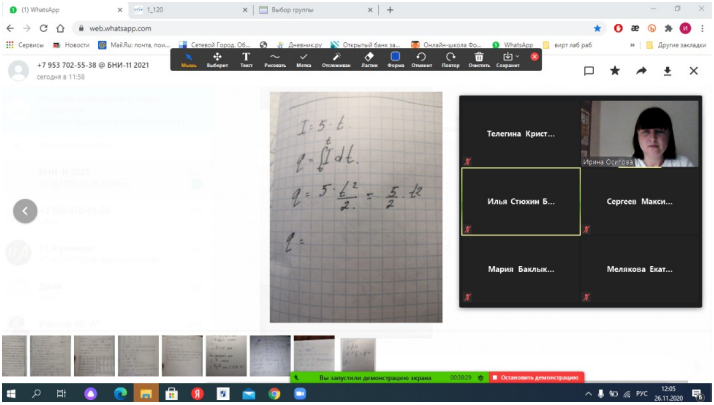


Рис. 1. Пример использования мессенджера

Хорошо зарекомендовали себя анализы выведенных на экране фрагментов домашних работ с проговариванием типичных ошибок, образцами написания и оформления. В частности, при решении задач важно грамотно выполнить чертеж с указанием действующих сил. Этот элемент важен не только для быстрого и грамотного решения задачи, но и как элемент, проверяемый на ЕГЭ. Возможность показать рисунки, выполненные непосредственно одноклассниками, позволила активизировать их собственную деятельность, ребята смогли найти чужие ошибки, отметить положительные стороны чертежей, более адекватно проанализировать собственные рисунки. Пример анализа домашней работы показан на рис. 2. В работе со студентами такая форма организации обратной связи тоже позволила быстрее анализировать

представленные решения, выявлять неточности и ошибки, быстрее формировать умение выполнять грамотные действия.

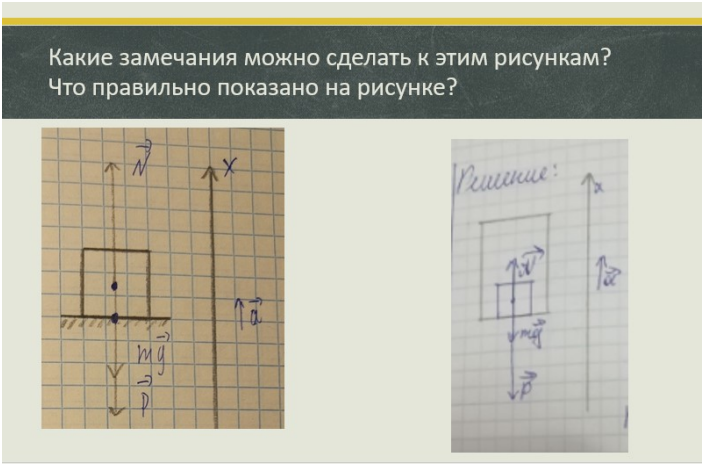


Рис. 2. Пример анализа домашней работы

Одной из проблем организации самостоятельной работы при проведении практических занятий и проверки домашнего задания является соблазн использовать готовый контент, выложенный в сети интернет. Многие студенты и школьники используют готовые решения типовых задач, выдавая их за свои. Это приводит к искажению истинной картины уровня знаний и умений, мешает формированию новых умений. Для решения этой проблемы можно использовать авторские задания, решений которых в сети нет. Это требует достаточно много усилий со стороны преподавателя по подготовке к занятиям. Однако и результативность таких заданий выше. Поэтому актуальным является решение проблемы контроля знаний и умений при дистанционном обучении, повышение доли самостоятельности.

Лабораторные занятия по физике в дистанционном режиме организуются по трем направления: удаленные физические лабораторные работы, удаленные виртуально-физические лабораторные работы и домашние лабораторные работы из подручных материалов [1-3]. Использование каждой из возможностей обусловлено целями и возможностями. Наиболее приближенными к выполнению работ непосредственно в лаборатории являются удаленные физические лаборатории, но, как правило, в вузе таких лабораторий нет и их использование является перспективным направлением развития в

дистанционном образовании. Виртуальные физические лабораторные работы более распространены. В политехническом лицее-интернате неоднократно использовался такой вид работ и при очном обучении для моделирования и последующего описания реальных физических явлений и при дистанционной работе, что позволяло заменить лабораторные работы, проводимые очно. Как вариант, можно использовать видеозапись реального физического эксперимента. Однако тут необходимо сделать качественную видеозапись, не искажающую течение физического процесса и показания приборов. Лабораторные работы из подручных материалов разработаны как для студентов очной и заочной форм обучения, так и для школьников. В пособии [4] представлены 8 домашних лабораторных работ по всем разделам физики, позволяющим компенсировать отсутствие физического практикума в лабораториях вуза. Для изучения физических явлений и решения поставленных задач используется оборудование, доступное в домашних условиях. Например, для изучения отражательной дифракционной решетки необходимы CD или DVD диск, лазерная указка и лист бумаги. Для определения газовой постоянной и проверки первого начала термодинамики необходимы емкость или кастрюля, небольшой пузырек, трубка с подкрашенной капелькой жидкости и линейка. На рис. 3 показаны примеры лабораторных установок, выполненных в домашних условиях.



Рис. 3. Примеры домашних экспериментальных установок

Заключение

Дистанционное образование – это одно из перспективных направлений развития образовательных технологий в современном мире, позволяющее сделать доступным образование независимо от места расположения обучающегося и преподавателя.

Несмотря на достаточно большое количество разработок в области дистанционного образования необходимо обратить внимание на организацию обратной связи, самостоятельной работы и построение концепции дистанционного лабораторного практикума по физике.

Список литературы

1. 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. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – Т. III. – Вып. 3. – С. 272–276.

2. Осипова, И. А. Совершенствование профессиональной подготовки преподавателей физики на основе комплексного общефизического лабораторного практикума по волновой оптике : дис. … кандидата педагогических наук : 13.00.08 / Осипова Ирина Анатольевна. – Тамбов, 2001. – 166 с. : ил.

3. Осипова, И. А. Проектная деятельность как условие совершенствования эффективности непрерывной системы образования школа-вуз / И. А. Осипова, О. В. Исаева // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2020 : сборник трудов III Международного научно-технического форума : в 10 т. – Рязань : РГРТУ [и др.], 2020. – Т. 10. – С. 15–19.

4. Головин, Ю. М. Физика [Электронный ресурс] / Ю. М. Головин [и др.]. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – 153 с.

Использование дистанционных технологий при проведении занятий

М. А. Павличенко, email: 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 дистанционной работы при проведении уроков и внеурочных занятий с использованием основ онлайн технологий.*

Ключевые слова: *онлайн, дистанционная работа, облачные технологии.*

Введение

STEM-образование (Science Technology Engineeringand Maths) – комплекс образовательных мероприятий в начальной, средней и старшей школе, способствующих изучению технологии и инженерного дела учащимися.

Стремительное развитие и эволюция технологий приводит к тому, что на сегодняшний день, и в дальнейшим, самыми востребованными в обществе специалистами станут программисты, IT-специалисты, инженеры, профессионалы в области высоких технологий и т.д. Поэтому такой предмет как информатика вызывает заинтересованность учащихся желающими развиваться в данной области.

С 2009 года ЕГЭ (Единый государственный экзамен) является основной формой итоговой государственной аттестации выпускников всех школ Российской Федерации. Это – инструмент, позволяющий оценить знания учащихся по тому или иному учебному предмету. Результаты ЕГЭ учитываются при приёме абитуриентов во все ВУЗы Российской Федерации.

1. Дистанционное обучение

Перед любым учителем стоит задача подготовить и помочь ученикам успешно сдать ЕГЭ. Главная задача – это приобретение уверенности в своих силах и избавиться от страха перед экзаменом, благополучно преодолеть все трудности. Как достичь этого? На протяжении ряда лет я в начале года опрашиваю своих учащихся об их планах, а именно планируют ли они сдавать ЕГЭ по информатике, и

© Павличенко М. А., 2021

затем с этой группой в рамках курса внеурочной деятельности мы разбирали задания. Два года назад я разработала курс «Компьютерное моделирование и программирование» и подготовку к экзаменам мы вели в рамках данного курса. Результаты меня удовлетворяли: 2018 год – средний балл 79, 2019 – 82 балла.

Но грянул март 2020 (дистанционное обучение), и передо мной встал первоочередной вопрос. Что делать? Как помочь ученикам в подготовке к экзамену? В 2020 году 10 учеников выбрали информатику как один из предметов ЕГЭ. На первый план вышло развитие умений самостоятельного приобретения и применения знаний в соответствии с личностными целями и потребностями. Старый метод преподавания и обучения перестал работать, реально стоять у доски у меня возможности не стало. Мы начали совместно с учениками изобретать велосипед.

Дистанционное обучение – работа учителя с учеником на расстоянии. Такой подход начали практиковать в Европе 19 века, но тогда его называли по-другому – «корреспондентским обучением». Студенты по почте получали учебные материалы, делали домашнее задание и отправляли на проверку профессору. Точно так же они сдавали экзамены. Я понимала, что при использовании такого типа технологии можно столкнуться с большим количеством проблем. Например, ученики, которые не работали на уроке, могут не начать работать и дистанционно. Надо решать индивидуально по каждому ученику. Использование карательных мер тут явно уже не сработало бы. Временно это могло бы помочь заставить кого-то работать, но для долгосрочной перспективы это неудачная стратегия. Желание учиться у этого ученика так и не появится.

Первое с чего я решила начать, это выбор платформы, где мы могли бы общаться и обмениваться информацией. Школы свободны в выборе методов и платформ дистанционного обучения – они сами выбирают, что и как использовать. Прежде всего, не хотелось услышать в свой адрес, что дистанционное обучение сведется к тому, что просто выдаем задания, получаем ответ, ставим отметку. Совместно с детьми мы пришли к тому, что будет удобней, прежде всего, им. Они предложили Discord – бесплатный мессенджер с поддержкой VoIP и видеоконференций, изначально ориентированный на пользователей компьютерных игр (рис. 1).

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 робототехнике и программированию, в основу выбора темы предлагаю взять именно данные направления.

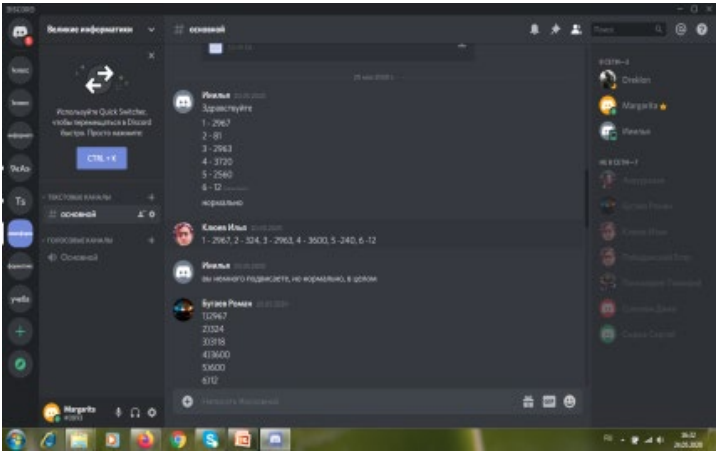


Рис. 1. Окно программы Discord

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 вот такие варианты.

Для того чтобы вносить письменные заметки, я стала использовать Microsoft OneNote (рис. 2). Это приложение дает возможность создания и хранения заметок в виде печатного текста, рукописных записей, рисунков, а также добавления фото и пр. Доступно на разных устройствах и платформах.

Также хорошо показал работу другой способ работы и обмена информацией это облачные технологии. Среда Google содержит множество инструментов, которые могут оказаться полезны для индивидуальной и совместной деятельности. Когда стало понятно, что на мой почтовый ящик будут каждый день приходить около сотни писем с работами учеников, для того, чтобы избежать обвала поступающей обратной информации я создала Google Класс. Где я стала публиковать необходимую информацию, как для целой группы, так и для отдельных учеников, создавала тесты, которые ограничивала во времени выполнения, в количестве прохождений и т.д.

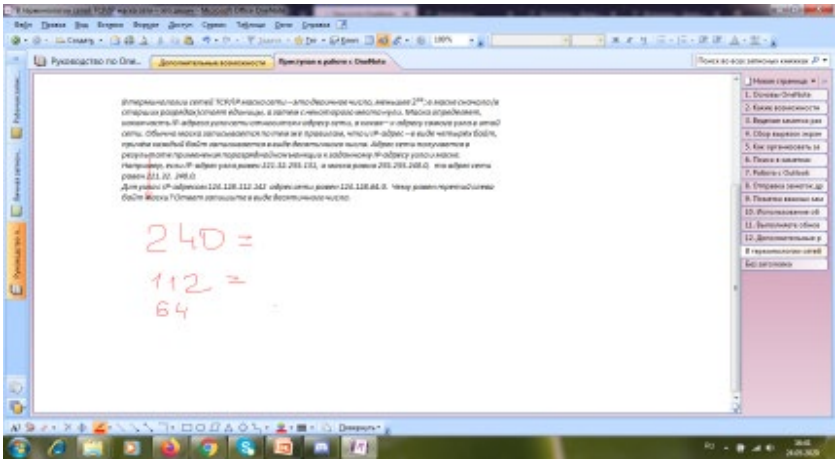


Рис. 2. Окно программы Microsoft OneNote

При дистанционном обучении учитель является, консультантом, организующим и направляющим процесс образования. Пройдя со своими учениками весь этап весеннего дистанционного обучения, могу сказать, что мы выдержали его с честью, все мои ученики сдали ЕГЭ выше среднего по области балла, средний балл в 2020 – 80. В данном учебном году с сентября стала использовать данный опыт, с учениками планирующими сдавать ЕГЭ.

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 неосуществимые 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. Бойкова, А. Е. Экспериментальные задачи как средство формирования и развития исследовательских умений учащихся в процессе обучения физике : диссертация ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Бойкова Анна Евгеньевна; [Место защиты: Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена]. – Санкт-Петербург, 2010. – 211 с.

2. 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.

Дистанционное обучение: опыт и потенциал

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 рассматриваются дистанционные образовательные технологии и возможность их применения в преподавании различных дисциплин, дается экспресс-анализ ЦОР и сервисов для организации дистанционного обучения.*

Ключевые слова: *дистанционные образовательные технологии, образовательный контент, цифровые образовательные ресурсы.*

Введение

Использование информационных технологий позволяет формировать новые образовательные модели, которые предоставляют возможность оставаться в актуальной зоне научно-технического прогресса, существенно обогащают и разнообразят преподавание различных дисциплин. В период информатизации обучения и вынужденного дистанта, для успешной и эффективной профессиональной деятельности, преподаватель обязан использовать все возможности дистанционного образования. В связи со стремительным развитием ИТ и активным их использованием в качестве дистанционных образовательных технологий, появилась возможность применения всего аппарата компьютерных технологий в обучении через конструирование индивидуальных траекторий освоения знаний, что обеспечивает индивидуализированный подход к обучению, расширяет дидактические возможности компьютерных средств обучения; позволяет соотносить содержание, формы, и методы обучения в соответствии с образовательными запросами. Это позволяет осуществлять автоматическую настройку коэффициентов дистанционных образовательных технологий для учета динамики изменений траектории обучения; ориентировать учебный материал на различные типы и уровни усвоения; учитывать психологические, личностные качества и компетенции обучаемых.

Дистанционными образовательными технологиями считают образовательные технологии, реализуемые в основном с применением

© Палагутин А. В., Палагутина М. А., Серповская И. С., 2021

средств информатизации, при опосредованном взаимодействии обучающегося и педагогического работника, с целью обеспечения доступности качественного образования. Основными видами дистанционных образовательных технологий являются:

– Кейсовая, основанная на использовании наборов (кейсов) текстовых, аудиовизуальных и мультимедийных учебно – методических материалов для самостоятельного изучения обучающимися (предполагается консультация преподавателей).

– Информационно-спутниковая – дает возможность передавать данные и взаимодействовать преподавателям и обучающимся в реальном времени (просмотр видео- и аудиотрансляций, участие в вебинарах и конференциях, общение по электронной почте, в социальных сетях и форумах).

– Сетевые технологии, используемые для обеспечения обучающихся учебно-методическими материалами и взаимодействия между преподавателем и обучающимся.

В настоящее время выделяются следующие основные тенденции в развитии современного дистанционного образования: совершенствование существующих и разработка новых платформ дистанционного обучения; персонализация; сквозное обучение – организация обучения по комплексу связанных курсов; применение искусственного интеллекта (нейросетевых технологий, машинного обучения, технологий больших данных и т.д.); геймификация – применение игровых подходов в образовательном процессе; применение технологий виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR); микрообучение; мобильное обучение с использованием мобильных устройств; разработка образовательного контента и методов обучения, ориентированных на дистанционное обучение.

1. Основные особенности дистанционного обучения

Дистанционное обучение является формой получения образования, при которой основу образовательного процесса составляет целенаправленная и контролируемая интенсивная самостоятельная работа обучающегося при помощи специальных средств обучения под руководством преподавателя. Это – интерактивный, асинхронный процесс взаимодействия субъектов и объектов обучения между собой и средствами обучения, причем процесс обучения индифферентен к их пространственному расположению. Образовательный процесс проходит в специфической педагогической системе, элементами которой являются подсистемы: целей, содержания, методов, средств, организационных форм обучения и т.д. Система образования, строящаяся на основе дистанционных образовательных технологий, является следствием

объективного процесса информатизации общества и в наибольшей мере отвечает принципам интеграции, гуманизации, самодостаточности как одна из перспективных форм получения образования.

Среда дистанционного обучения характеризуется тем, что образование предоставляется обучающимся непосредственно по месту жительства или временного пребывания. Отличительными чертами системы дистанционного обучения являются: более высокая динамичность, связанная с гибкостью выбора обучающимися учебных курсов; больший объем самообучения; использование всевозможных форм учебно-методического обеспечения; осознанная мотивация; наличие интерактивной коммуникации. Дистанционное обучение имеет следующие характерные черты: гибкость, модульность, параллельность, экономичность, технологичность и т.д. Основными задачами дистанционных образовательных технологий являются доступность и открытость обучения независимо от географии, социального положения и состояния здоровья. Особенно актуально использование дистанционных технологий обучения для социальных групп, которые лишены возможности получать образование по классической модели, например, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья. Одной из задач открытого образования является интеграция различного рода информации, что придает процессу обучения целостность и самодостаточность. Использование современных технологий делает образовательный процесс непрерывным и максимально гибким, расширяя круг потребителей образовательных услуг и ориентируя на личностные факторы. Технологии дистанционного образования предполагают использование наглядности, ссылок на электронные источники с дополнительной информацией по данной тематике; программных средств, позволяющих моделировать различные схемы, механизмы и процессы; модулей тестирования, дающих объективную оценку знаний обучающихся.

Благодаря развитию искусственного интеллекта технология дистанционного образования индивидуализирует и конкретизирует обучение, обеспечивает конструирование индивидуальных траекторий освоения знаний, учитывает индивидуальные особенности обучаемого в динамической модели его характеристик. Дополненная реальность позволяет создавать невероятные образовательные проекты на основе дистанционного обучения, 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 [1]. Она исключительно полезна при

развитии пространственного мышления, для максимально наглядного и интерактивного изучения, а также для более глубокого погружения в предмет, особенно в условиях дистанционного обучения. Использование современных технологий позволяет разнообразить процесс изучения нестандартными активностями и элементами игры, что увлекает обучающегося, концентрирует его внимание на обучении во время дистанта.

При помощи VR-технологии, дополненной искусственным интеллектом появляется возможность взаимодействия с виртуальным пространством. Это не только комплексная, но и целостная дидактическая, методическая и интерактивная программная система, которая позволяет изложить сложные моменты учебного материала в условиях дистанционного образования 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 дистанционно 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.

Образовательные организации могут использовать различные механизмы для формирования образовательного контента: разработка методических материалов и электронных образовательных ресурсов преподавателями или использование существующих учебно-методических пособий, разработанных в рамках федеральных программ и проектов и размещенных в федеральной системе информационных образовательных ресурсов. Образовательный контент, применительно к технологии дистанционного обучения должен разрабатываться на основании требований рабочих программ, образовательных программ, других нормативных документов.

Применение дистанционных образовательных технологий имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Положительными свойствами являются: возможность обучения в индивидуальном темпе, гибкость, формирование индивидуальной траектории обучения, доступность, мобильность и технологичность, социальное равноправие, комфортные условия для творческого самовыражения, объективность

оценки знаний. Несмотря на многочисленные положительные моменты применения дистанционных образовательных технологий, имеется ряд отрицательных сторон: самообразование, сложность в организации учебной работы и распределении учебного времени, дорогостоящее оборудование и т.д.

2. Экспресс-анализ цифровых образовательных ресурсов и сервисов для организации дистанционного обучения

В процессе быстрого перехода на дистанционные форматы большой проблемой стал дефицит интерактивных учебных материалов, интересных заданий с обратной связью и дефицит опыта и инструментов коллективной работы в цифровой среде. Проблемой стало и просто недостаточное знакомство учителей с такими инструментами. Поэтому в предлагаемом обзоре мы попытались представить цифровые ресурсы и сервисы для качественной организации образовательного процесса в режиме онлайн.

– Дневник.ру (https://dnevnik.ru) – закрытая информационная система со строгим порядком регистрации образовательных учреждений и пользователей. Дневник.ру решает задачи бумажного дневника и даже больше: расписание, домашние задания, все выставленные оценки, материалы, используемые в ходе уроков, средний балл, темы пройденных и будущих уроков, комментарии преподавателя.

– Яндекс.Учебник (https://education.yandex.ru/main) представляет собой сборник интерактивных учебных заданий с автоматизированной проверкой и возможностью видеотрансляции и общения.

– Учи.ру (https://uchi.ru) – сборник интерактивных задач по широкому спектру предметов и классов, набор интерактивных олимпиадных тестов с автоматическим подбором персональных заданий. Кроме того, на платформе созданы сервис «Виртуальный класс» – для проведения индивидуальных и групповых онлайн-уроков с играми, анимацией, презентацией и видео; виртуальная доска. Платформа также предоставляет вебинары для организации дистанционного обучения, а также серию видеоуроков. Расписание и ссылки на онлайн-уроки доступны на странице: https://lp.uchi.ru/distant-lessons

– ЯКласс (https://www.yaklass.ru) является частично платной платформой и позиционируется как набор тематических заданий по различным предметам с возможностью анализа и закрепления наиболее сложных тем. Основными преимуществами платформы является привязка к электронному журналу, возможность проверки знаний посредством интерактивных контрольных и проверочных работ с автоматическим оцениванием и интеграция с ресурсами сервиса

«Интернет-урок», что позволяет обеспечить комплексное дистанционное обучение [2].

– Фоксфорд (https://foxford.ru) – платформа с дистанционными (групповыми) курсами по большинству предметов школьной программы, привязан к электронному журналу и используется учениками в качестве дополнительного образования для подготовки по базовой программе, а также к олимпиадам, ГИА и ВПР. В состав курсов входят видеозаписи уроков, конспекты и задания.

– Edu.Skyeng (https://edu.skyeng.ru) – основным сервисом которой в контексте общего образования является предоставление индивидуальных, дистанционных, синхронных уроков с учителем по английскому языку и математике и некоторым другим предметам на базе собственной платформы «Vimbox» [3].

– InternetUrok.ru (https://interneturok.ru) – домашняя онлайн-школа предназначена для целевых групп, не имеющих возможности посещать традиционные занятия и предполагает полностью дистанционное обучение, но не рассчитан на интеграцию в традиционную школу.

– CERM.RU (https://cerm.ru) – образовательная онлайн-платформа для проведения мониторинговых исследований по учебным предметам, а также в качестве онлайн-тренажера.

– Интерактивные рабочие тетради “Skysmart” (https://skytea.ch/go/r5) позволяют составлять индивидуальные задания, оценивает и анализирует их выполнение, отсутствует возможность копирования и списывания.

– РЭШ (https://resh.edu.ru) – информационно-образовательная среда с полным курсом школьной программы от лучших учителей России; это информационно образовательная среда, объединяющая ученика, учителя, родителя и открывающая равный доступ к качественному общему образованию независимо от социокультурных условий.

– Moodle (https://moodle.org/) – система управления знаниями, позволяющая организовать процесс электронного обучения от разработки онлайн курса до его реализации.

– Google Класс (https://classroom.google.com) – это бесплатный набор инструментов для работы с электронной почтой, документами и хранилищем. Сервис разработан для преподавателей с целью организации занятий и эффективного учебного взаимодействия с учащимися.

– Мобильное электронное образование (МЭО) (https://mob-edu.ru) – платформа для индивидуального и группового обучения в

дистанционном режиме, охватывает почти все предметные области и классы.

– 1С:Школа Онлайн (https://obr.1c.ru/pages/read/online/) обеспечивает онлайн-доступ к электронным образовательным ресурсам: тренажеры, лаборатории, игры практикумы, тесты и многое другое.

– Coursera (https://www.coursera.org) – один из крупнейших образовательных сервисов для школьников и студентов.

– «Просвещение» Группа компаний (ГК) (https://prosv.ru) – крупнейшее издательство учебной литературы и новых учебных материалов, предоставила свободный доступ к электронным формам учебников и образовательным сервисам.

– Lecta (https://lecta.rosuchebnik.ru) – предоставляет оцифрованные решения (учебники, задачники, УМК) компании «Российский Учебник» с доступом ко всем электронным версиям УМК издательств «ДРОФА» и «Вентана-Граф».

Для индивидуальной и коллективной работы с документами, таблицами, презентациями, формами (опросами) созданы сервисы и инструменты, позволяющие реализовать эффективное взаимодействие и организацию деятельности преподавателей и обучающихся в цифровой среде: Документы Google (https://docs.google.com), Zoho Office Suite (zoho.com), Microsoft Office (https://www.office.com).

Для организации индивидуальной и групповой работы с использованием инструментов трансляции и видеосвязи применяют: Skype (https://www.skype.com) – систему проведения очных и сетевых видеоконференций и вебинаров; Zoom (https://zoom.us/) – облачная платформа для видеоконференций, веб-конференций, вебинаров; Google Hangouts (https://hangouts.google.com) – система проведения видеоконференций, предоставляющая возможность записи и публикации материалов вебинара на YouTube; Free Conference Call (https://www.freeconferencecall.com/ru) – для организации бесплатных конференций с большим количеством участников; Discord (https://www.discord.com), созданный специально для геймеров, чтобы обеспечить полноценное общение со своей игровой командой, может быть использован для проведения онлайн занятий или конференций и т.д.

Для хранения и распространения материалов используют: конструктор тестов Quizizz (https://quizizz.com), поддерживающий ввод математических формул, интеграцию изображений и аудиофайлов, использование библиотеки уже созданных сообществом тестов; Google Drive (https://drive.google.com), Яндекс Диск (https://disk.yandex.ru), Microsoft OneDrive (https://onedrive.live.com/), которые предназначены

для облачного хранения файлов любых типов с возможностью распространения, удаленного доступа и совместного использования; DropBox (https://www.dropbox.com), GlobalLab (https://globallab.org) кроме хранения и совместного использования файлов используются при работе над проектами и в исследовательской деятельности и т.д. [4].

Заключение

Основная задача дистанционного образования – создание безопасной образовательной среды; обеспечение условий для организации персонифицированного обучения; обеспечение доступности качественного образования, в том числе для обучающихся с ОВЗ, высокомотивированных и одаренных обучающихся.

Сегодня в мире существует огромное разнообразие инструментов для использования в дистанционном обучении. Мы систематизировали сервисы и представили обзор различных цифровых образовательных ресурсов, которые могут быть востребованы при организации дистанционного образовательного процесса. Проведенный анализ позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Система образования имеет доступ к огромному многообразию общепользовательских сервисов, ЦОР и т.д.
2. Подготовка кадров, владеющих методиками дистанционного обучения, повышение квалификации преподавателей для использования этих инструментов, обеспечение методической поддержки преподавателей, работающих в системе дистанта, является первоочередной задачей современного образования.
3. Недостаточным для активного распространения обучения в дистанционной форме является предложение интерактивных образовательных ресурсов, прежде всего, тренажеров – комплексов интерактивных заданий с обратной связью и аналитикой. При этом, большинство ресурсов платные.
4. Ресурсная составляющая не всегда соответствует требованиям дистанционного обучения, так как необходимо дорогостоящее оборудование, наличие качественного соединения и т.д. Поэтому, формирование материально-технической базы электронного дистанционного обучения является основной задачей в современных условиях.
5. Дистанционное образование предполагает самообразование и консультирование, что довольно сложно для обучающихся.

Список литературы

1. Акулич, М. В. Дополненная, виртуальная, смешанная реальность и маркетинг / М. В. Акулич. – М.: Издательские решения, 2018. – 120 с.

2. Воробьева, Т. Н. Электронный образовательный ресурс «ЯКласс» как инструмент повышения качества образования // Образование. Наука. Карьера: сб. науч. тр. Междунар. науч.-метод. конф.: в 2 т. – Курск, 2018. – С. 46-50.

3. Жданова, Д. Е. Интерактивные модели обучения английскому языку (сравнение традиционной, реверсивной и онлайн-моделей) / Д. Е. Жданова, Л. И. Корнеева // Innovative Approaches in Computer Science within Higher Education: материалы II Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург, 2020. – С. 23.

4. Экспресс-анализ цифровых образовательных ресурсов и сервисов для организации учебного процесса школ в дистанционной форме / И. А. Карлов [и др.]. – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. – М.: Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2020. – № 8. – С. 87-99.

Проблемы, средства и платформы цифровой коммуникации между студентами и преподавателями в процессе дистанционного образования в техническом университете

Д. Н. Пирогова, email: ctamm99@mail.ru

Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы цифровой коммуникации между преподавателями и студентами с использованием платформы СДО «ФАРВАТЕР» с применением сервиса BigBlueButton, а также коммуникационных систем Zoom, Skype, VK и Discord, представлены результаты опросов мнений студентов о том, с какими трудностями коммуникации им пришлось столкнуться в процессе дистанционного обучения при использовании платформ Skype и WhatsApp.*

Ключевые слова: *дистанционное образование, проблемы коммуникаций, вузы, средства, платформы, СДО «ФАРВАТЕР», BigBlueButton, Zoom, Skype, VK, Discord, опросы, мнения студентов.*

Введение

В настоящее время в связи с коронавирусной инфекцией (COVID-19) в сфере образования стали активно использоваться технологии дистанционного образования [1]. Учеба в университетах, согласно приказу Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 8 мая 2020 г. № 648 «О деятельности подведомственных Министерству науки и высшего образования Российской Федерации организаций в условиях предупреждения распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19) на территории Российской Федерации», должна быть реализована с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологиях.

В этих условиях учебный процесс включает в себя индивидуальную и коллективную работу студентов с лекционно-теоретическим материалом, предоставляет возможность выполнять практические и лабораторные задания, исследования и поиск информации.

Но у данного образования есть свои трудности и ограничения [2]. Во-первых, дистанционное образование предполагает не только наличие хорошо налаженной связи (то есть стабильного и бесперебойного

© Пирогова Д. Н., 2021

Интернет-соединения), но и «владения» студентами и преподавателями информационными и телекоммуникационными технологиями и программами [1],[3-7]. Во-вторых, студентам IT-направлений подготовки, инженерных и естественнонаучных образовательных программ дистанционный доступ к предметному содержанию, аудио-, видеоматериалам, например, в области программирования не дает возможности приобрести предметные навыки и компетенции, получаемые в ходе традиционных аудиторных занятий в специализированных предметных IT-лабораториях и компьютерных классах с преподавателем вуза [2]. В-третьих, опытным преподавателям старшего поколения, которые привыкли работать со студентами очно в аудиториях, сложно переходить на дистанционные образовательные технологии и им самим требуется непрерывная переподготовка [8-9]. И наконец, дистанционное образование, требует строгой организации учебного процесса, которая не ограничивается распространением текстов в Интернете или видеозаписей, заданий, тестов, учебной и методической литературы и так далее, но требует организации обратной связи, современных методов и методологий автоматизации управления вузом [10] и коммуникаций, мониторинга и фиксации деятельности, создании персональных профилей обучения, фиксации результатов по всем аспектам деятельности обучаемых и преподавателей в информационной среде [11-13].

Получение дистанционного образования в РФ, по своей сути, является современной технологией обучения, обеспечивающей качественное образование, посредством коммуникации, например, электронной почты [14] между преподавателем и студентом и позволяющей создавать студентам и преподавателям наиболее эффективные/оптимальные индивидуальные образовательные траектории [15].

1. Проблемы дистанционной коммуникации

С целью выяснения проблем, с которыми столкнулись студенты в период дистанционного обучения, автором было проведено исследование трудностей, негативно влияющих на процесс получения дистанционного образования в техническом университете на примере ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова или приводящих к значительным затруднениям обучения, например при использовании платформ СДО «ФАРВАТЕР» и в частности сервиса BigBlueButton, [16] а также использования коммуникационных систем Zoom, Skype, VK, Discord, WhatsApp.

Студентам в ходе проведенного опроса нужно было выделить трудности и причины, которые, по их мнению, негативно повлияли на

процесс дистанционного обучения или значительно затрудняли установленный программной темп обучения. В ходе опроса был выявлен ряд причин:

1. проблемы с Интернет-соединением;
2. преподавателю не приходило уведомление об отправленной работе;
3. преподаватель долгое время не отвечал на сообщения;
4. неполадки с СДО (например, сайт не открывался);
5. непонимание заданий.

В процессе исследования выяснилось, что основными проблемами, с которыми столкнулись студенты в ходе дистанционного образования при использовании платформ СДО «ФАРВАТЕР» и в частности сервиса BigBlueButton, а также коммуникационных систем Zoom, Skype, VK, Discord, WhatsApp, были:

– «Преподаватель долгое время не отвечал на сообщения»;

– «Преподавателю не приходило уведомление об отправленной работе». Результаты опроса представлены на рис. 1.



Рис. 1. Результаты опроса в процентах

В связи со значительным ростом поступления писем и сообщений преподаватели долгое время не могли ответить некоторым студентам на их вопросы либо же письма терялись среди других, например, попадали в «спам».

Из-за большого количества пользователей, которые перешли на дистанционное образование, периодически случались неполадки и «зависание» СДО «ФАРВАТЕР» (сайт либо не грузился, либо отправлял неправильные запросы, либо не присылал преподавателю уведомления о

загрузке работ студентов) и Интернет-соединением, таким образом, пропускная возможность системы не была готова к обработке такой повышенной информационной нагрузки.

По причине отсутствия достаточного уровня личного общения между преподавателем и студентом и студентами друг с другом также были проблемы с пониманием заданий и возможностью их выполнения.

Аналогичные проблемы были и в других вузах, они также оказались недостаточно подготовлены к такому резкому переходу на дистанционные технологии/формат получения образования.

По мнению ряда авторов, существуют трудности связанные и формой перехода на получение дистанционного образования, в частности с дисбалансом подачи при очной, заочной и удаленной форм передачи информации [17].

Недостаток или избыток информации значительно влияет на процесс обучения. Зачастую, при проведении онлайн-занятий преподаватель размещает/выдает значительно большой поток информации в течение ограниченного времени, чем при традиционном обучении, что, в свою очередь, влияет на усвоение материала студентом и ограничивает интерес студентов к такой форме коммуникации.

2. Средства и платформы дистанционной коммуникации

Для преподавателей технического университета, например, ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, профессиональное овладение современными коммуникационными технологиями и навыками интернет-организации – это не только профессиональная необходимость, но и неотъемлемая часть жизни.

Система организации дистанционного обучения в ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова включает различные функциональные платформы и электронные ресурсы, но при этом основной платформой является СДО «ФАРВАТЕР».

С помощью электронной почты и социальных сетей преподавателям ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова удается осуществлять рассылку адаптированных учебных материалов и проверку выполненных заданий [16-18].

Сервисы Zoom, Skype, VK, Discord и др. позволяют преподавателям ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова регулярно проводить видеоконференции, а также принимать участие в вебинарах и академических групповых видео-звонках. На фоне обострения эпидемиологической обстановки использование системы дистанционного обучения «ФАРВАТЕР» стало неотъемлемой частью учебного процесса.

В процессе онлайн-занятий на платформе СДО «ФАРВАТЕР» преподавателям предоставляется возможность создавать курсы, на которые записываются студенты, на платформе размещены объявления, учебные материалы, лекции, задания и тесты. На платформе имеется чат, в котором студенты могут задать интересующие вопросы по теме или курсу у преподавателя. А благодаря сервису BigBlueButton преподаватели могут организовывать видеоконференции, с помощью которых могут лично пообщаться со студентами, провести лекцию, проверить лабораторные работы, провести экзамен или реализовать другие учебные коммуникации.

Между тем некоторые преподаватели для коммуникации со студентами предпочитают платформы Skype, WhatsApp, Discord, Zoom при помощи которых предоставляются аналогичные возможности, например, многофункциональный онлайн-мессенджер, с помощью которых проводятся занятия в режиме группового видео-чата [19-20]. При этом преподавателям рекомендуется обращаться к функционалу платформы Google Classroom – например, для создания «виртуальных аудиторий», мастер-классов и полноценных онлайн-курсов. В процессе исследования был проведен анализ достоинств (преимуществ) и недостатков наиболее часто используемых систем коммуникации (анализ представлен в таблице).

Таблица

Сравнительная таблица

Системы коммуникации	Преимущества	Недостатки
Zoom	Требует меньше интернета, работает быстрее; требует меньше оперативной памяти компьютера; можно включить демонстрацию экрана и рисовать на специальной онлайн-доске.	Групповые конференции доступны только 40 минут, далее нужно активировать платную версию; в программе есть уязвимости, которые приводят к утечкам персональных данных пользователей; нестабильное соединение.
Skype	Установлен на большинстве устройств, у обучаемых не возникает проблем с установкой и функционалом;	Медленно транслирует видео и звук, требует значительных компьютерных ресурсов, усложняет параллельную

Продолжение таблицы

Системы коммуникации	Преимущества	Недостатки
	неограниченное время групповых конференций; доступна трансляция экрана с мобильных устройств	работу других программ и окон ПК; можно вывести только демонстрацию своего экрана, но не отдельных приложений.
Discord	Работает достаточно быстро даже на устаревших ПК и бюджетных смартфонах; высокая степень адаптивности интерфейса программы, включая звук и видео; создание видеоконференций.	Меньшая популярность, в качестве мессенджера установлен не у всех обучаемых; наблюдаются проблемы с передачей больших файлов; происходят проблемы с серверами, связанные с высокой нагрузкой
WhatsApp	Можно создавать групповые чаты для общения; бесплатные аудио- и видео-звонки, которые можно делать посредством Интернет-соединения; можно отправлять не только фотографии и видео, можно делиться PDF-файлами, слайд-шоу и другими документами.	Программа обладает достаточной степень защиты и шифрования учебного контента [21]; нет развитой функциональности как например в Zoom, Discord и Skype, так как предназначена только для общения; существуют ограничения по количеству пользователей во время звонка.
Google Classroom	Можно просматривать свой «Список дел», в котором имеется список всех заданий;	На настоящее время платформа не предоставляет возможность

Окончание таблицы

Системы коммуникации	Преимущества	Недостатки
	возможность общения; студентам не нужно переписывать конспекты, а преподавателям пытаться разобрать почерк учащихся.	проведения онлайн-конференций; в бесплатной версии сервиса нет возможности создать журнал успеваемости, за эту услугу придется доплачивать; существуют ограничения по количеству учащихся.

Заключение

Опыт использования информационно-образовательных технологий при организации дистанционного образования в технических университетах требуют разработки специальных методик их использования. Использование возможностей получения дистанционного образования без наличия стабильного, высокоскоростного Интернет-соединения у студентов и преподавателей, в том числена домашних компьютерах, современного аппаратного обеспечения и доступа к коммуникационным системам вызывает следующие проблемы: невозможность оперативной коммуникации, сложность коммуникации с преподавателем, возможное отсутствие доступа к системе дистанционного образования, что приводит к невозможности выполнения заданий в связи с непониманием содержания заданий и отсутствием оперативной возможности задать вопросы и получить ответы.

Ограничение прямой связи между всеми участниками образовательного процесса могут быть компенсированы административными функциями в системе образования, публикацией информации о проблеме образования и текущих темах на доске объявлений группы, общения с большим кругом участников с помощью видеоконференций и проведения консультаций в виртуальном классе группы [22]. Однако имеется и ряд недостатков. В процессе анализа сервисов и платформ были выявленные следующие:

1. Zoom недостаточно безопасен, так как имеет уязвимости, которые могут приводить к утечкам персональных данных пользователей.

2. Skype не работает на устаревших ПК и мобильных телефонах, так как требует много аппаратных ресурсов.

3. Google Classroom и WhatsApp не обладают функцией создания онлайн-конференций на большое количество людей.

4. Discord мало популярен и наблюдаются проблемы с передачей больших файлов [23].

Перспективы развития системы дистанционного образования автором связываются с необходимостью создания российских аналогов коммуникационных образовательных сервисов и систем дистанционного обучения, устраняющих и улучшающих недостатки рассмотренных систем и предоставляющего российским пользователям преимущество организации цифровой коммуникации между студентами и преподавателями в процессе дистанционного образования [24-25]. Использование цифровых коммуникаций между студентами и преподавателями на основе стабильного доступа к СДО, быстрой работы программного обеспечения и наличие коммуникационных систем в процессе дистанционного образования позволит выстраивать и реализовывать более сбалансированные и эффективные образовательные процессы в технических университетах [26-27].

Список литературы

1. Ситдиков, А. А. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков [и др.] / Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18.

2. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в ВУЗах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии [Электронный ресурс] / Г. В. Абрамян // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. – Режим доступа : http://science-education.ru/ru/article/view?id=29830

3. Абрамян, Г. В. Технологии дистанционного обучения с использованием телекоммуникаций / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. –РГПУ им. А. И. Герцена, ЛГОУ. СПб., 1998. – С. 91-95.

4. Хорошавин, А. А. Проблемы и трудности программно-технического обеспечения электронного обучения в педагогическом вузе / А. А. Хорошавин, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 88.

5. Малюский, С. А. Проблемы коммуникации в сфере дистанционного образования / С. А. Малюский // Технологии PR и рекламы в современном обществе. – 2017. – С. 90-92.

6. Кицела, К. И. Технология отбора мобильных программ-клиентов для обмена личными сообщениями в информационно-образовательной среде вуза / К. И. Кицела [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии Всероссийская научно-практическая конференция. – 2015. – С. 92.

7. Кирпач, А. А. Технологии оценки систем электронного обучения в детских образовательных учреждениях Ленинградской области / А. А. Кирпач, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 124.

8. Абрамян, Г. В. Непрерывное образование учителя в условиях информатизации (послевузовский период) / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – ЛГОУ, РГПУ им. А.И. Герцена. СПб., 1999. – С. 36-40.

9. Абрамян, Г. В. Формы, технологии и критерии эффективности профессионального становления учителя в информационной среде / Г. В. Абрамян // Монография. ЛГОУ им. А.С. Пушкина. – Санкт-Петербург, 2001. – 192 с.

10. Абрамян, Г. В. Инновационные подходы в области обработки данных экспериментов по автоматизации систем управления вузом и обучения информационным технологиям в высшей школе / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, М. А. Абиссова // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 11. – С. 1898.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Абрамян, Г. В. Особенности применения электронной почты в системе дистанционного обучения / Г. В. Абрамян // Информатика –

исследования и инновации. – ЛГОУ, РГПУ им. А. И. Герцена. СПб., 1999. – С. 40-43.

15. Абрамян, Г. В. Особенности формирования системы дистанционного образования в России / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. – ЛГОУ, РГПУ им. А. И. Герцена. СПб., 1999. – С. 86-89.

16. Нестеренко, Ю. А. Процесс внедрения системы дистанционного электронного обучения в технических ВУЗах / Ю. А. Нестеренко // Российская наука: тенденции и возможности. – 2020. – 125-128 с.

17. Абрамян, Г. В. Адаптация электронных учебников к индивидуальным особенностям студентов при разработке сервисов обучения информатике / Г. В. Абрамян [и др.] // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – 2012. – № 5. – С. 1788.

18. Авдеева, И. А. Этико-коммуникативные проблемы дистанционного онлайн-обучения / И. А. Авдеева // Коммуникативные стратегии информационного общества. – 2020. – С. 243-247.

19. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, Б. Т. Мозгирев // ЛГОУ им. А.С. Пушкина. СПб., 2004. – 100 с.

20. Фокин, Р. Р. Технические средства обучения и Hardware / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Телекоммуникации, математика и информатика-исследования и инновации. – СПб., 2002. – С. 20-21.

21. Абрамян, Г. В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе WINDOWS научно-образовательной среды Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015) Материалы конференции. – 2015. – С. 54-55.

22. Кабденова, Г. Ж. Взаимодействие преподавателя и студента в процессе дистанционного обучения в современном образовательном пространстве / Г. Ж. Кабденова // Журнал сельскохозяйственной науки. – 2013. – № 10 (01). – С. 234-237.

23. Абрамян, Г. В. Модели и технологии оптимизации телекоммуникаций в науке и образовании северо-западного региона на основе использования SAAS/SOD облачных сервисов / Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 27.

24. Абрамян, Г. В. Проект интеллектуальной информационной системы образовательных сервисов и услуг северо-западного региона / Г. В. Абрамян, С. А. Рысков / Восемнадцатая всероссийская

студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского ГУ. – 2016. – С. 1390-1392.

25. Абрамян, Г. В. Опыт разработки и использования адаптивных тестовых заданий в системе заочного обучения с элементами дистанционной технологии / Г. В. Абрамян // Развитие системы тестирования в России. – МГПИ. Центр ТВОУ РФ, 1999. – С. 101-102.

26. Абрамян, Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. – 2019. – С. 1795-1798.

27. Абрамян, Г. В. Методология и принципы преподавания информатики и информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XX Международной научно-методической конференции. Под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – 2020. – С. 1778-1783.

Адаптация ШЦП в МБОУ гимназии № 7 им. Воронцова В. М. г. Воронеж

С. В. Разуваева, email: svetagimn7@yandex.ru
Л. И. Сурина, email: sur-lyudmila@mail.ru

МБОУ гимназия № 7 им. Воронцова В. М.

Аннотация. *В данной работе представлен опыт работы МБОУ гимназии №7 им. Воронцова В.М. г. Воронежа в программе «Цифровая платформа персонализированного образования для школы» благотворительного фонда Сбербанка «Вклад в будущее».*

Ключевые слова: *персонализированное образование, школьная цифровая платформа, дистанционное образование.*

Введение

Задача современного образования – научить учащихся жить в постоянно меняющемся, неустойчивом мире, уметь изменяться вместе с ним. В течение последних десятилетий чиновники, педагоги, родители пытаются реформировать систему образования для лучшего удовлетворения образовательных потребностей учащихся, формирования конкурентоспособных выпускников в условиях новой цифровой экономики. На протяжении этих десятилетий предпринималось множество попыток установить новые стандарты качества, но лишь немногие из них, если таковые вообще были, оказались устойчивыми, воспроизводимыми или масштабируемыми. Эти попытки улучшения включали реструктуризацию школ, введение строгой и более конкурентоспособной учебной программы через общие основные стандарты, дополнительные ресурсы для помощи в обновлении системы образования и, наконец, создание частных альтернативных школ. Однако заметного улучшения качества образования не происходит.

Известные российские педагоги: профессор А. Г. Асмолов, доктор педагогических наук Е. И. Казакова, их единомышленники считают, что решение проблемы в применении персонализированной модели образования (ПМО) [1-3], реализованной на цифровой платформе «СберКласс» благотворительного фонда Сбербанка «Вклад в будущее» [4].

Идея персонализированного образования состоит в том, чтобы настроить процесс обучения для каждого ученика в соответствии с его

© Разуваева С. В., Сурина Л. И., 2021

или ее уникальными навыками, способностями, предпочтениями, опытом и знаниями. Учащийся планирует собственную образовательную траекторию, ставит и выбирает значимые для себя учебные цели, управляет временем и темпом обучения, выбирает те или иные задания, способы их решения и проверки, работает индивидуально и в группе, мотивирует себя и других. Указанные параметры определяются самим учеником, в отличие от индивидуализированного обучения, в котором траектория обучения разрабатывается педагогом с учётом индивидуальных особенностей обучающегося.

ПМО синтезирует традиционные и новые цифровые образовательные технологии; опирается на совместную деятельность учащихся в продуктивно организованном классном сообществе; обеспечивает высокую производительность учебного труда; активизирует учебный процесс за счет цифровых технологий.

На платформе реализовано модульное обучение. Планирование на основе относительно крупных блоков позволяет детям лучшие увидеть «большие идеи» предмета, которые при тематическом планировании распадаются на множество разрозненных сведений и отдельных умений.

В персонализированном обучении задействованы предметные, межпредметные и дополнительные, развивающие гибкие навыки модули, организована индивидуальная, парная и групповая работа. Задания шкалированы по трем уровням и ученик определяет для себя сам уровень заданий. Оценивается итоговый результат, который не усредняется за счет «неудачных» попыток.

1. Апробация ШЦП в МБОУ гимназии №7 им. Воронцова В. М.

Наша гимназия является инновационным образовательным учреждением, которое открыто для внедрения всего нового и готовое к сотрудничеству.

МБОУ гимназия №7 им. Воронцова В.М. лауреат конкурса «100 лучших школ России» в номинации «Лучшая гимназия – 2017» VI Всероссийский образовательный форум «Школа будущего. Проблемы и перспективы развития современной школы в России».

В 2014-2019 учебных годах МБОУ гимназия №7 им. Воронцова В.М. вошла в ТОП-50 лучших школ по итогам рейтингования образовательных организаций Воронежской области.

Педагогический коллектив гимназии творческий. Особое внимание уделяется изучению и распространению передового опыта с использованием новых педагогических технологий. Методическими объединениями по всем образовательным областям проводится серьезная методическая работа по проблемам дифференциации и

индивидуализации обучения, реализации принципов гуманизации и гуманитаризации образовательного процесса.

В феврале 2020 года гимназия №7 им. Воронцова В. М. среди лучших школ г. Воронежа, осуществляющих инновационную деятельность, была принята в проект Школьная цифровая платформа (ШЦП) СберКласс благотворительного фонда Сбербанка «Вклад в будущее».

По условиям соглашения предполагалась апробация ресурсов платформы с сентября 2020 года, подготовка учителей к работе с платформой, обеспечение учащихся техникой для выполнения заданий ШЦП.

Однако, пандемия коронавируса весной 2020 года, внесла существенные корректировки в проектную работу гимназии на платформе. Перевод школ на дистанционное обучение позволил учащимся познакомиться с возможностями платформы в апреле-мае 2020 года.

С целью внедрения персонализированной модели образования на школьной цифровой платформе в гимназии была разработаны локальные нормативные акты о ШЦП, дорожная карта и создана проектная команда, в состав которой вошли: руководитель команды, конфигуратор, педагоги-предметники. Проведен аудит материально-технического обеспечения образовательного процесса. Для работы на платформе была проведена Благотворительная акция по передаче устройств SmartBox обучающимся 7 классов гимназии.

Организовано повышение квалификации всех педагогов 5-9 классов по образовательной программе «Основы персонализированной модели образования». Учителями математики, информатики, русского языка и английского языка были пройдены модули: «Введение в ПМО», «Культура персонифицированного образования», «Учебный модуль», «Учебные цели и оценивание результатов», «Развитие личностного потенциала», а также элективные курсы: «Управление конфликтом в школе», «В поисках времени: курс по управлению временем», «Цифровая грамотность педагога», «Эмоциональный интеллект».

В сентябре-декабре 2020 года было организовано обучение на ШЦП учащихся 7-8 классов по русскому языку и литературе, алгебре и геометрии, английскому языку и информатике. В ноябрьский дистанционный период платформа показала свою жизнеспособность и эффективность, учащиеся с интересом выполняли предложенные задания на платформе. Мониторинг результатов обучения на платформе показал стопроцентную успеваемость и высокое качество знаний.

Заключение

Полугодовой опыт апробации ШЦП позволяет сделать следующие выводы:

– роль учителя, применяющего персонализированный подход в обучении, изменяется: снижается нагрузка при планировании на год; появляется возможность самостоятельно конструировать учебную программу; индивидуально оказывать помощь «отстающему» ученику, ликвидируя пробелы в знаниях, а также поддерживать «успешных» учеников и стимулировать их; снижается количество ручных проверок, следовательно, изменяется и принцип оценивания;

– персонализированный подход отражается и на ученике. Он становится более мотивированным и инициативным, так как понимает свои учебные цели и как их достичь; диагностика знаний помогает осознать сильные и слабые стороны. Ученик самостоятельно планирует свою учебную деятельность, формирует индивидуальный учебный план; несет свою часть ответственности за результат.

Список литературы

1. Асмолов, А. Г. Оптика просвещения: социокультурные перспективы./ А. Г. Асмолов; – М. : Просвещение, 2015. – 447 с.

2. Асмолов, А. Г. Стратегия и методология социокультурной модернизации образования / А. Г. Асмолов // Проблемы современного образования. – 2010. – № 4. – С. 4-18.

3. Шевелев, А. Н. Индивидуальное и массовое школьное образование: сравнительный анализ зарубежной и отечественной педагогических традиций/ А. Н. Шевелев // Непрерывное образование. – 2017. – № 3. – С. 68-74.

4. СберКласс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://sberclass.ru/

Организация дистанционного обучения: инструменты и технологии

А. Н. Стебунова, email: anna_ert22@mail.ru

МКОУ «Эртильская средняя общеобразовательная школа № 1»

Аннотация. *В данной статье рассматривается возможность применения графического редактора Paint как одного из средств для наглядного представления информации при организации дистанционного обучения. Также приводится пример использования графического редактора при изучении курсов «Алгебра» и «Геометрия» во время проведения уроков в онлайн режиме.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, онлайн-сервис, информационные технологии, графический редактор Paint.*

Введение

Во время карантина люди кардинально изменили свой образ жизни и перестроились на дистанционную форму работы. Кто-то очень быстро адаптировался к данной системе и успешно балансирует между работой и домашними обязанностями. А кому-то пришлось полностью изменить привычный формат работы и освоить новые технологии для организации учебного процесса.

Формирование нормативно правовой базы и разработка научно-методических основ в области дистанционного образования через:

– zoom.us – сервис для проведения видеоконференций,

– размещение необходимой информации в социальных сетях и телефонного мессенджера.

Разработка и формирование системы оценивания и мониторинга индивидуальных достижений обучающихся:

– Google Формы: возможности для педагога;

– Создание электронных тетрадей [1];

– Moodle – система управления курсами (электронное обучение).

Тщательная подготовка к каждому уроку, подбор необходимой информации и создание презентаций позволяет наглядно представить необходимую информацию и сэкономить время.

1. Графический редактор Paint в образовательном процессе

Чтобы повысить у обучающихся мотивацию к изучению математики, учитель старается максимально визуализировать

© Стебунова А. Н., 2021

передаваемую информацию. Для того чтобы понять, как выглядит какой-либо предмет, ученику необходимо представить его в своем сознании, увидеть его или даже потрогать. Наглядное представление информации позволяет учителю развивать у обучающихся воображение и способность нестандартно мыслить. Существует много программ, с помощью которых можно представить информацию более наглядно. Такие программы, как Microsoft Office PowerPoint, Open Office Impress, используются наиболее часто. С помощью них можно создавать для уроков презентации.

Информацию можно представить разными способами: в виде схем, таблиц, диаграмм, анимации, видеороликов и т.д. В настоящее время ученики более восприимчивы к моделированию образов и проявляют активный интерес к информационным технологиям.

Так как во время дистанционного обучения обучающимся средних и старших классов еще сложно только на слух воспринимать информацию, то я стараюсь приблизить онлайн урок к той системе, в которой обучающиеся привыкли работать ранее. В помощь мне приходит простой графический редактор Paint [2-3].

Приложение Paint – это один из самых популярных графических редакторов, представленных компанией Microsoft. Во-первых, он автоматически устанавливается вместе с операционной системой, а во-вторых, с ним очень легко работать. Для этого не потребуется каких-то специальных навыков. В то же время, несмотря на кажущуюся простоту, данная программа обладает большим набором функций и возможностей для создания и изменения картинок и других графических объектов.

При организации уроков алгебры и геометрии в режиме онлайн рабочее поле графического редактора Paint служит классной доской. Вся необходимая информация, передаваемая обучающимся, одновременно с голосом учителя конспектируется и отображается на экране каждого обучающегося.

Такая организация современной виртуальной работы позволяет учителю более наглядно представить необходимую информацию и повысить у обучающихся активность познавательной деятельности.

2. Применение графического редактора Paint на уроках алгебры и геометрии

Рассмотрим на примерах, как можно использовать графический редактор Paint на уроках математики.

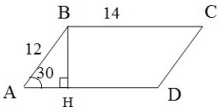
При изучении курса «Геометрия» и «Алгебра» [4-5] за объяснением материала на рабочем поле графического редактора следует конспектировать главные аспекты темы (рис. 1-2). Так как весь необходимый материал законспектировать в режиме онлайн не хватит

времени. Ход решения задач может комментировать как учитель, так и обучающийся.

20.11.20 г. Классная работа.

Повторение.

№ 461



Дано:
ABCD - параллелограмм,
AB=12 см, BC=14 см,
<A=30.
Найти: S_{ABCD}

Решение:

$S_{ABCD} = BH*AD$

BH-высота

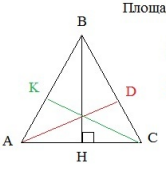
AD=BC=14 см

Из △ABH-прямоугольный, $BH=\frac{1}{2}AB=\frac{1}{2}\cdot 12=6$ см

$S_{ABCD} = 6*14=84$ см^2

Ответ: 84 см^2

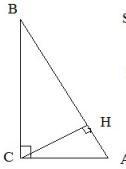
Площадь треугольника.



$S_{ABC}=\frac{1}{2}$ BH*AC

$S_{ABC}=\frac{1}{2}$ AD*BC

$S_{ABC}=\frac{1}{2}$ CK*AB



$S_{ABC}=\frac{1}{2}$ CH*AB

$S_{ABC}=\frac{1}{2}$ BC*AC

№ 468

а) Дано:
a-основание треугольниа,
h- высота треугольника,
S- площадь треугольника,
a= 7 см, h=11 см.
Найти: S

Решение:

$S=\frac{1}{2}a*h$

$S=\frac{1}{2}\cdot 7\cdot 11=38,5$ см^2

Ответ: 38,5 см^2

б) Дано:
a-основание треугольниа,
h- высота треугольника,
S- площадь треугольника,
$a=2\sqrt{3}$ см, h= 5 см.
Найти: S

Решение:

$S=\frac{1}{2}a*h$

$S=\frac{1}{2}\cdot 2\sqrt{3}\cdot 5=5\sqrt{3}$ см^2

Ответ: $5\sqrt{3}$ см^2

в) Дано:
a-основание треугольниа,
h- высота треугольника,
S- площадь треугольника,
a=14см, S =37,8 см^2
Найти: h

Решение:

$S=\frac{1}{2}a*h$

$37,8=\frac{1}{2}\cdot 14\cdot h$

37,8=7h
h=37,8:7
h=5,4 см

Ответ: 5,4 см

Рис. 1. Урок геометрии в 8 классе

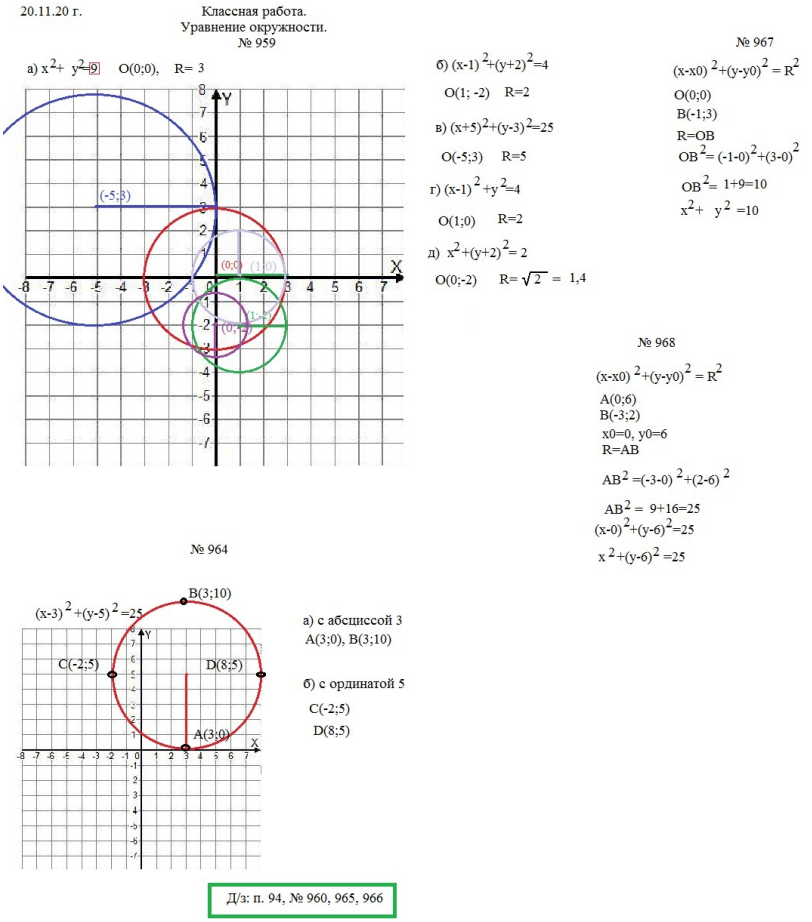


Рис. 2. Урок геометрии в 9 классе

На рис.3 продемонстрирован урок алгебры «Целое уравнение и его корни» в 9 классе. Урок проводился в режиме онлайн с помощью сервиса для проведения видеоконференций zoom.us.

Каждое уравнение ученик записывал себе в тетрадь и комментировал решение другим обучающимся. В это время учитель конспектировал на рабочем поле графического редактора Paint комментарии обучающегося, а его одноклассники могли

проанализировать решение, услышать и увидеть допущенные им ошибки.

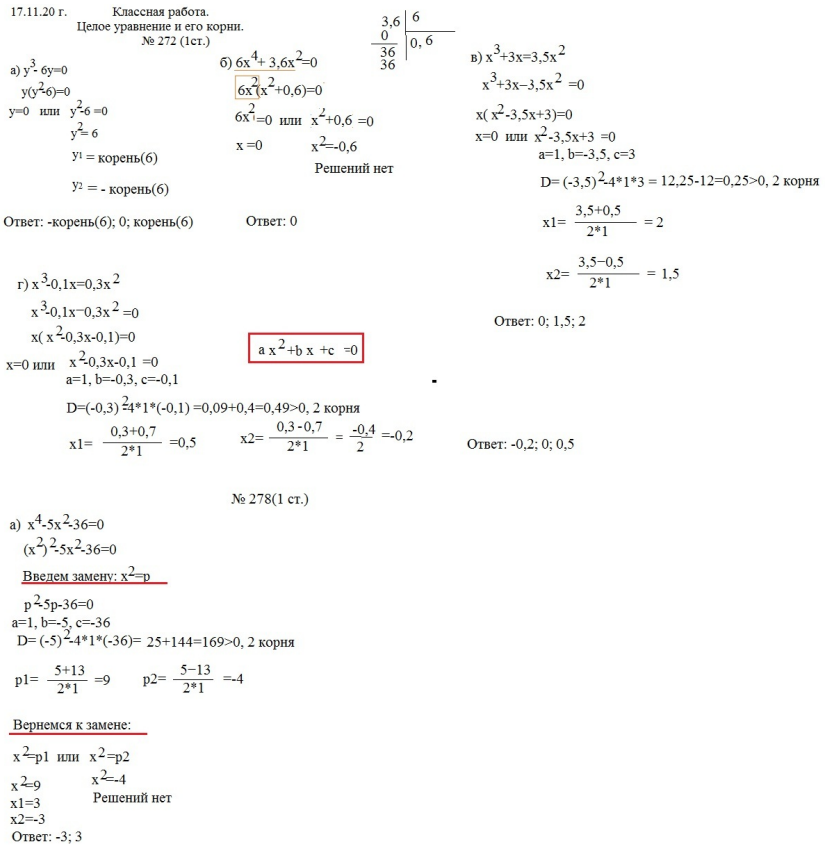


Рис. 3. Урок алгебры в 9 классе

Заключение

При организации дистанционного обучения каждый педагог сталкивается с множеством различных проблем. Начиная от организационных и заканчивая моделированием онлайн уроков, учитывая разнообразные виды учебной деятельности учащихся.

В настоящее время почти каждый педагог обладание умением пользоваться программой Paint. Все находится перед глазами пользователя, удобный инструментарий расположен в верхней части

окна программы и наглядно показывает, что именно необходимо выбрать для отображения той или иной информации. Поэтому педагогу не составит труда построить процесс обучения, используя информационные технологии.

Применяя графический редактор Paint на уроках алгебры и геометрии в режиме онлайн, педагог может наглядно представить большой объем учебной информации, структурировано и последовательно представить решение задач.

Обучающийся более сосредоточен на образовательном процессе и может самостоятельно открывать для себя новые знания. В результате процесс обучения протекает более эффективно.

Список литературы

1. SkySmart. Интерактивная тетрадь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://edu.skysmart.ru/teacher/homework/xivezolora

2. Как пользоваться Paint: возможности программы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://fb.ru/article/455086/kak-polzovatsya-paint-vozmojnosti-programmyi

3. 4 проблемы дистанционного обучения и способы их решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://mega-talant.com/blog/4-problemy-distancionnogo-obucheniya-i-sposoby-ih-resheniya

4. Геометрия. 7-9 классы [Текст] : учебник для общеобразовательных организаций / [Л. С. Атанасян и др.]. – 6-е изд. – Москва : Просвещение, 2016. – 382, [1] с.

5. Алгебра. 9 класс [Текст] : учебник для общеобразовательных организаций / [Ю. Н. Макарычев, Н. Г. Миндюк, К. И. Нешков, С. Б. Суворова] ; под ред. С. А. Теляковского. – 3-е изд. – Москва : Просвещение, 2016. – 287 с.

Проблемы нормирования трудозатрат ППС при реализации смешанного формата обучения

А. П. Толстобров, email: tap@vsu.ru
М. П. Ряполов, email: riapolov@vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Анализируются проблемы оценивания и нормирования трудозатрат преподавателей при реализации образовательного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.*

Ключевые слова: *электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, образовательный контент, информационно-образовательная среда вуза.*

Введение

Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии уже достаточно давно присутствуют в образовательной практике учебных заведений. Сами эти понятия определены Законом «Об образовании в Российской Федерации» [1]. Однако, события прошедшего года, обусловленные пандемией, подняли проблемы, касающиеся цифровой трансформации образования, на совершенно иной уровень. В частности, весьма актуальными, но дискуссионными, оказываются вопросы оценивания и нормирования трудозатрат преподавателей при имеющих место кардинальных изменениях условий и способов реализации ими образовательного процесса [2]. Важность решения этих проблем определяются не только необходимостью справедливой оценки реальных трудозатрат преподавателей в новых условиях. Система оценивания и стимулирования труда преподавателей должна работать на повышение эффективности образовательного процесса, качества обучения студентов.

1. Проблемы оценивания труда преподавателей в новых условиях

Оценивание деятельности преподавателя может строиться на основе учета следующих обстоятельств:

– фактические трудозатраты преподавателя на реализацию всех компонент учебного процесса;

– разные виды стимулирования деятельности преподавателя;

© Толстобров А. П., Ряполов М. П., 2021

– и, наконец, целевые показатели – то, что мы получаем или хотим получить на выходе.

В зависимости от того, какие из этих обстоятельств ставятся во главу угла, могут получаться совершенно разные, порой парадоксальные результаты.

Трудозатраты преподавателя на реализацию всех компонент учебного процесса складываются в основном из двух составляющих:

– затраты на проведение самого образовательного процесса – проведение занятий, консультаций, контрольных и аттестационных мероприятий и т. д.;

– трудозатраты на создание и подготовку учебно-методического обеспечения реализуемого учебного процесса.

При традиционном (не электронном) учебном процессе эти две составляющие нормируются достаточно просто (во всяком случае привычно) – нагрузка преподавателя по проводимым им учебным мероприятиям, измеряется в академических часах, подготовка учебно-методических материалов, как правило в печатной форме, измеряется количеством листов, которое также может пересчитываться в эквивалентное часовое выражение.

Переход к использованию электронного обучения и дистанционных образовательных технологий существенно расширяет перечень трудозатратных составляющих деятельности преподавателя.

Дополнительные трудозатраты преподавателя на непосредственное проведение образовательного процесса связаны с изменением специфики реализации большинства мероприятий учебного процесса в электронной среде, с необходимостью наличия у преподавателя новых компетенций, необходимых, например, для проведения занятий не в аудитории, а в онлайне в дистанционном формате.

Также, вследствие большого разнообразия видов электронного образовательного контента, в еще большей степени увеличиваются трудозатраты преподавателя на подготовку учебно-методического обеспечения учебного процесса по своей дисциплине.

В настоящее время при решении задачи нормирования и оценки трудозатрат преподавателя, определяющих, в конце концов, размер оплаты его труда, в условиях использования им в своей учебной деятельности ЭО и ДОТ, типичным в практике вузов является распространение на эти изменившиеся условия традиционного подхода. А именно, путем включения трудозатрат преподавателя, связанных с использованием новых, обусловленных использованием электронных технологий, в измеряемую в часах, его учебную нагрузку.

Однако, такой «почасовой», «затратный» подход при использовании электронных образовательных технологий порождает целый ряд вопросов, порой вступающих в противоречие с главными целями образовательного процесса, и, вследствие этого, создает риски для успешного достижения этих целей, в новых условиях.

Например, такой традиционный вид учебных занятий, как лекции. Казалось бы, в этом случае особых проблем с его нормированием при переходе в онлайн-режим не возникает. А именно, «часовой» норматив аудиторной лекции принимается эквивалентным часам лекции, прочитанной в онлайн-режиме с использованием средств видеоконференцсвязи. Эта «эквивалентность», однако уже порождает вопросы, если в нагрузке преподавателя запланировано дублирование одних и тех же лекций нескольким потокам студентов, вследствие большого контингента студентов и ограниченности размеров лекционных аудиторий. Очевидно, что при переходе в онлайн-режим более разумным является объединение потоков студентов для устранения дублирования одного и того же материала. Время, фактически затрачиваемое преподавателем на чтение лекции, при этом сокращается кратно. Еще острее выглядит эта ситуация, когда лекция предварительно записывается преподавателем, например, в студии, и затем предъявляется студентам в записи уже вообще без присутствия самого преподавателя. Очевиден возникающий при этом вопрос, как в таких случаях должен оцениваться (и оплачиваться) этот вид учебной деятельности преподавателя? Если в соответствии с фактически затрачиваемыми преподавателем на проведение занятий часами, то это несомненно будет рассматриваться им как явный антистимул к внедрению онлайн-лекций в свою образовательную практику.

Другой пример – это использование в электронных курсах учебных элементов, реализующих разные виды активностей студентов. Например, предоставляемых образовательными платформами электронных элементов, используемых для проверки и оценивания успешности освоения слушателями учебной программы. Можно сравнить использование двух видов такого рода элементов – заданий в открытой форме, требующих ручной проверки преподавателем, и автоматически проверяемых заданий в тестовой форме. Первые реализуются в электронном курсе достаточно просто, но требуют от преподавателя больших временных затрат на их проверку. Эти затраты, очевидно, достаточно просто нормируются в «часовом» измерении и могут быть включены в плановую нагрузку преподавателя в соответствии с обучаемым контингентом студентов.

Напротив, контрольные задания в тестовой форме требуют большой предварительной работы по созданию качественного и надежного банка тестовых вопросов и формирования сценариев самих тестов. При этом, однако, их использование кратно сокращает для преподавателя трудоемкость и время, затрачиваемое на проведение контрольных и аттестационных мероприятий.

Ориентация системы оплаты преподавателя на фактически затрачиваемые им «часы» опять превращается для него в антистимул использования современных, более эффективных и менее трудоемких технологий оценивания знаний.

При этом, электронные образовательные платформы как раз предлагают массу средств реализации видов образовательного контента, позволяющих существенно сократить временные затраты преподавателя на проведение учебных мероприятий, не только без снижения качества обучения, но существенно повышая его. Например, за счет увеличения в курсе количества контрольных мероприятий для оценивания успешности освоения учащимися учебного материала, организации и контролирования их самостоятельной работы.

Получается, что традиционная система оценки и стимулирования деятельности педагогических работников и учебных подразделений, ориентирующаяся чисто на оцениваемые в часах трудозатраты, во многих случаях не только не способствует совершенствованию учебного процесса, но и оказывается тормозящим фактором во внедрении электронных образовательных технологий.

В связи с вышесказанным, на наш взгляд важным в оценивании деятельности преподавателя является перенос центра тяжести с учета отработки им вмененного ему на проведение учебного процесса количества рабочих часов, на учет его деятельности, направленной на обеспечение студентам условий для наиболее эффективного освоения программы дисциплины в рамках часов, отводимых в соответствии с учебным планом именно студенту. Зафиксированная в рабочей программе и в учебном плане трудоемкость (в часах, з. е.) установленных видов учебной работы (лекции, семинары, самостоятельная работа и т.д.) определяет трудоемкость их освоения именно студентами, существенно в меньшей степени характеризуя эффективность трудозатрат преподавателя. Задача преподавателя состоит в обеспечении для студентов возможности успешного выполнения этой работы. При этом он должен быть свободен в выборе наиболее эффективных средств для решения этой задачи при условии обеспечения установленного качества обучения. У преподавателя должен быть реальный и действующий стимул использования новых

технологий для повышения эффективности своего труда (снижения для себя трудоемкости проведения учебного процесса при повышении его качества) – использования автоматически проверяемых тестов для сокращения времени на проведение контроля и аттестаций, использование проектных заданий открытого типа с взаимопроверкой работ самими студентами при обеспечении их самостоятельной работы, использование автоматических интерактивных, тренинговых элементов вместо контактных занятий, объединение студентов курса в один поток для чтения лекций в онлайн-режиме, или вообще представление им своих лекций в записях, качественно отснятых в студии и т. д.

С другой стороны, следует учитывать, что объективным фактором в условиях активного внедрения в образовательный процесс средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий является существенное увеличение трудозатрат в той части деятельности преподавателя, которая касается учебно-методического обеспечения его дисциплин, делая эту работу более разнообразной, но технически и методически более сложной. В особенности это проявляется на начальном этапе создания электронных образовательных ресурсов в силу недостатка у преподавателей соответствующих компетенций. Эта часть деятельности преподавателя становится более трудозатратной по сравнению с самим проведением учебного процесса.

Простым, но наименее эффективным решением по оцениванию этого вида деятельности, является просто отнесение этого вида работы преподавателя к его «второй половине дня», не делая разницы между разработкой традиционных форм учебно-методических материалов и электронных курсов и их наполнения. Практика показывает, однако, что само по себе «наличие у преподавателя электронного курса по дисциплине» является очень слабой характеристикой методической обеспеченности курса и мерой оценки деятельности преподавателя из-за чрезвычайно большого разброса в уровнях реализации электронных курсов у разных преподавателей, в их наполнении разработанными электронными ресурсами, в конце концов, в уровне их методической эффективности.

Понимая это, в некоторых вузах для более адекватного стимулирования разработки преподавателями электронных курсов используют их градацию на несколько уровней реализации. При этом, однако, используемые характеристики уровня курсов по объективным причинам в большой степени являются качественными, а не измеряемыми количественными.

В связи с этим, весьма актуальным является решение вполне реальной задачи по автоматизированному формированию интегральной

оценки электронных курсов по результатам статистической обработки, фиксируемой в базе данных образовательного портала информации о них. А именно, информации о наличии в электронном курсе элементов, реализующих те или иные виды учебной деятельности, информации о реальной активности использования этих элементов студентами за учебный период и др. Для используемых в курсах тестов могут быть получены объективные показатели их качества, как средства педагогических измерений, например, дифференцирующей способности, надежности и т. д. [3]. Наличие инструментов для такого рода объективного оценивания уровня реализации электронных курсов позволило бы разработать эффективную систему стимулирования и поощрения разработки и использования электронных курсов и постоянного их совершенствования.

Заключение

Активные процессы цифровой трансформации системы образования, внедрение электронного обучения и дистанционных образовательных технологий действительно порождают целый ряд проблем. В частности, это рассматриваемые в данной работе проблемы, возникающие при решении вопросов оценивания и нормирования трудозатрат профессорско-преподавательского состава учебного заведения, создания системы, которая бы действительно стимулировала не только реальное повышение эффективности труда преподавателей, но и, что еще более важно, способствовала повышению эффективности освоения учебных программ студентами, в максимальной степени используя тот потенциал, который действительно способны привнести цифровые технологии в реальный образовательный процесс.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (последняя редакция) // Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

2. Толстобров, А. П. Электронное обучение в университете: состояние и проблемы / А. П. Толстобров // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Проблемы высшего образования. – Воронеж, 2019. – № 4. – С. 71-75.

3. Протасова, И. В. Методика анализа и повышения качества тестов в системе электронного обучения Moodle / И. В. Протасова, А. П. Толстобров, И. А. Коржик // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2014. – № 3. – С. 61-72.

Анализ современных решений для электронного обучения

И. А. Фролов, email: maliz1@mail.ru [1]
Л. Л. Фролова, email: manynova68@mail.ru [2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА 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, сервисы дистанционного обучения.*

Введение

В течение последних лет применение современных технических средств обучения стало популярным явлением в образовании. В планировании развития и реформирования высшей школы внедрение информационно-коммуникационных технологий становится одним из важнейших приоритетов. Сочетание традиционных форм обучения с формами, основанными на дистанционных образовательных технологиях, должны стать главной особенностью современного учебного процесса в вузе. А благодаря пандемии и режиму самоизоляции нам всем приходится подстраиваться под новые реалии жизни, а в сфере образования, конечно же, придется изменить очень многое.

1. Анализ современных сервисов для электронного образования

Модернизация российского образования имеет своей целью повышение его качества, достижение новых образовательных результатов, адекватных требованиям современного общества. Ориентация на новые образовательные результаты влечет за собой существенные изменения. В образовательных стандартах нового поколения актуализируется задача формирования навыков самостоятельной познавательной и практической деятельности обучаемых. Основной целью учебного процесса становится не только усвоение знаний, но и овладение способами этого усвоения, развитие познавательных потребностей и творческого потенциала учащихся.

© Фролов И. А., Фролова Л. Л., 2021

Достижение личностных результатов обучения, развитие мотивационных ресурсов обучаемых требует осуществления личностно-ориентированного образовательного процесса, построения индивидуальных образовательных программ и траекторий для каждого обучающегося [1]. В этих условиях широкое использование дистанционных образовательных технологий в образовании становится требованием времени.

На сегодняшний день дистанционное обучение – необходимая антикризисная мера. Угроза заражения коронавирусной инфекцией COVID-19 и введение дополнительных профилактических и санитарных норм привели к массовому переходу учебных заведений на удаленный режим работы. Поэтому сегодня дистанционное обучение становится вопросом выживания в кризис. Дистанционное обучение может дополняться очной работой со слушателями. Например, помимо электронного курса, видеолекций и тестирования, можно организовывать вебинары, на которых будут разбираться ошибки, раздаваться дополнительные задания.

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 [2]. 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.

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».

Запуск E-Learning, как и любого масштабного проекта, требует тщательной подготовки. Успешность внедрения дистанционного обучения зависит от того, насколько проработаны цели, задачи и идея в целом [3].

Качество и возможности обучения во многом зависят от правильного выбора инструмента для дистанционного обучения. Современные СДО – это учебная база, в которой можно хранить электронные курсы, диалоговые тренажеры, видео, инструкции, тесты, документацию. Системы дистанционного обучения не привязывают

обучающихся к головному ВУЗу, позволяя обучать сотрудников разных филиалов.

Стоимость СДО/LMS может зависеть от многих факторов и варьируется от условно бесплатных до бесконечности. Самый главный ценовой фактор – коробочная версия или облачная. Облачный сервис обходится дешевле, так как не нужно иметь дорогостоящее серверное оборудование, беспокоиться о защите информации и содержать системного администратора.

Установку условно бесплатных СДО на сервер, например, такой системы управления курсами, как Moodle, выбирают учебные заведения, в штате которых есть IT-отдел, специалисты которого могут установить систему на сервер, будут дописывать ее открытый код под задачи конкретной организации и заниматься ее обслуживанием. В среднем, срок запуска составляет 3–3,5 месяца.

Облачные системы, например, iSpringLearn, не требуют установки на сервер, а для работы с ними нужен только доступ в интернет. В среднем, запуск системы выполняется за 1–2 дня, а обучение можно начать сразу же после регистрации. Управлять облачными системами может один человек, без технического образования и специальных навыков.

В настоящее время существует огромный выбор систем ДО, позволяющих учесть все цели и задачи обучения, обеспечить правильное визуальное оформление, содержать интерактивные элементы, позволяющие преподавателю создавать и назначать учебное содержание, управлять процессом изучения, выстраивать обучение в групповой и индивидуальной формах. Проведен их краткий анализ.

Общим в них можно отметить то, что практически все системы обеспечивают управление обучением (LMS), дистанционное обучение (СДО), управление корпоративным обучением (CLMS), управление образовательным процессом, интеллектуальное обучение, управление компетенциями, цифровое обучение, электронное обучение. Кроме этого, существует и ряд отличий.

Платформа Dreamstudy позволяет создавать сайты для образования, проводить вебинары и даже подключить интернет-магазин. На платформе можно быстро открыть собственную онлайн-школу, академию или учебный центр. В числе возможностей: онлайн-курсы с аналитикой и отслеживанием успеваемости учеников, видео, опросы, блоги и интернет-магазин. Предполагается, что в будущем преподаватели на платформе станут методологами и разработчиками учебных материалов.

Unicraft – система управления обучением (LMS), одна из популярных платформ корпоративного обучения. Онлайн-сервис Юникрафт сфокусирован на простоте использования, интуитивной понятности и минимизации порога для начала использования системы. Работа в данной СДО не требует сложного обучения за счет подсказок и интуитивного управления. В облачной версии безлимитное место для хранения данных.

Среди минусов системы Unicraft:

– система платная, стоимость зависит от тарифа;
– минимальное количество пользователей – 10 чел.

Пользователи данной СДО отзываются о ней как о сравнительно удобной системе, администрировать и управлять которой можно без специальной подготовки или привлечения программиста.

Canvas (рус.Канвас) – это система управления обучением, которая помогает организовать учебный процесс на базе новейших информационных технологий, которая может использоваться и бесплатно

Система Канвас применяется академическими и образовательными учреждениями (школами, колледжами, институтами, университетами), а также учебными подразделениями в компаниях. Данное программное обеспечение может применяться с использованием веб-браузеров, равно как и установлено на мобильные устройства Android и iOS.

Программная система Canvas реализует основные функции управления обучением, в т. ч. управление классом, управление испытаниями (тестовые здания, зачёты), совместной работы и организации учебных материалов.

Canvas не предусматривает работа с ОС Linux. Однако система Canvas реализована с использованием веб-интерфейса и может быть использована на любой операционной системе с установленным веб-браузером.

У системы Canvas есть программный интерфейс (API), поддерживаются операционные системы iOS и Android, но вариант установки на ОС Windows отсутствует. Система Canvas может быть установлена на мобильное устройство или планшет под Android, при установке соответствующего мобильного приложения, сервер предприятия.

Adobe Captivate Prime – это система управления обучением (СУО) нового поколения, обеспечивающая персонализированный опыт обучения на нескольких устройствах.

Программный продукт Adobe Captivate Prime (рус.Адобе Каптивэйт Прайм) от компании Адобе предназначена для организации обучения в

компании или образовательном учреждении, управления программами обучения и учебными курсами. Программное обеспечение AdobeCaptivatePrime позволяет эффективно обучать сотрудников, партнёров и клиентов с помощью цифровых интструментов нового поколения.

Программное решение Adobe Captivate Prime обладает следующими особенностями:

– Социальное и неформальное обучение: позволяет поощрять пиринговое обучение с помощью кураторства контента.

– Расширенное обучение: эффективное управление сквозным обучением по цепочке.

– Развитие навыков: повышение квалификации и переподготовка сотрудников, чтобы их знания оставались актуальными.

– Обучение клиентов: позволяет обучать своих клиентов. Стимулировать внедрение и повышение удовлетворенности клиентов.

– Обучение соблюдению требований: позволяет внедрять и отслеживать своё обучение соблюдению единых требований в рамках всей организации.

Программный продукт Adobe Captivate Prime может быть использован на любых операционных системах и устройствах, где установлен современный веб-браузер. Система Adobe Captivate Prime может быть установлена на: мобильное устройство, облако (SaaS).

К сожалению, вариант бесплатного использования системы отсутствует, но предусмотрена демонстрационная бесплатная пробная версия.

Electude – это программное решение, позволяющее преподавателю создавать и назначать учебное содержание, управлять процессом изучения, выстраивать обучение в групповой и индивидуальной формах.

Система управления обучением Electude (рус.Электуде) предназначена для разработки учебных материалов, управления обучением, аттестации и сертификации. Система используется при проведении дистанционных групповых и индивидуальных занятий среди слушателей образовательных учреждений. Приоритетное направление данной системы – автомобили.

Программное обеспечение Electude представляет собой среду разработки, использующую облачные решения, которые позволяют назначать содержание, управлять процессом обучения и оценивать результат и прогресс учащихся. Система содержит интерактивные учебные модули, тесты и симуляции, включающие автомобильные основы, физические законы, устройство и принцип работы систем и

узлов транспортных средств, в том числе электромобилей, порядок применения специализированного оборудования и инструмента.

Функционал программного продукта Electude включает:

– автоматизацию учебного процесса путём назначения учебного содержания для самостоятельного изучения, при этом данный процесс управляем, т. к. преподаватель видит прогресс учащегося;

– разработку собственных уроков преподавателем, как из имеющегося содержания, так и добавление нового содержания;

– моделирование симуляций неисправности электрооборудования и датчиковой аппаратуры двигателя внутреннего сгорания транспортного средства;

– формирование зачётов из тестов и симуляций в любой последовательности и по любой теме, имеющихся в программе;

– использование на занятиях предустановленных в программе курсов и тренингов;

– экспорт группового и индивидуального прогресса, учебного содержания.

Electude предоставляется для использования из Облака (SaaS). У Electude API-интерфейс, возможность установки на ОС Linux и Windows отсутствует отсутствует. Однако система Electude реализована с использованием веб-интерфейса и может быть использована на любой операционной системе с установленным веб-браузером.

К сожалению, вариант бесплатного использования системы отсутствует, но есть демонстрационная или бесплатная пробная версия.

Collaborator – это система дистанционного обучения полного цикла с аналитикой в реальном времени и инструментами внутреннего маркетинга.

Онлайн-сервис Collaborator от компании Davintoo – это комплексная корпоративная платформа управления обучением, предоставляющая обширные функции от разработки учебных материалов до управления учебным процессом и постобразовательной аналитикой.

Облачная LMS-система Collaborator нацелено на получение пользы для многих сторон корпоративного учебного процесса: сотрудников, тренеров, менеджеров по персоналу и высшего руководства компании.

Сильными функциональными сторонами программного продукта Collaborator являются:

– Создание, импорт и экспорт учебных материалов.

– Управление образовательным процессом по индивидуальным и групповым спискам заданий.

– Инструменты аналитики для определения эффективного способа обучения

– Инструменты взаимодействия участников обучения.

Программный продукт реализован с использованием Веб-браузера, установкой на собственный сервер, Облако (SaaS), есть программный интерфейс (API).

Вариант бесплатного использования системы Collaborator отсутствует, но есть демонстрационная или бесплатная пробная версия.

Moco – это программная LMS-система для организации дистанционного обучения и оценки. Помимо дистанционного обучения, данное программное обеспечение помогает управлять очным и аудиторным обучением.

Teachable – это онлайн-сервис, позволяющий создавать свои собственные веб-сайты учебных курсов и контролировать свой брендинг, данные студентов, обмен сообщениями и цены в единой панели управления.

MyLMS – это облачная система дистанционного обучения от компании WebSoft (Россия), которая помогает эффективно организовывать и проводить корпоративное обучение в компаниях различного размера.

Онлайн-сервис MyLMS (рус.МайЛМС) предназначен для управления обучением. Программный продукт является достаточно простым в освоении редактором интерактивных курсов и тестов с возможностью использовать в курсах мультимедиа-содержимое: аудио, видео, иллюстрации и иные форматы материалов.

В данной облачной системе управления обучением сделан особый акцент на простоте использования. Интернет-портал электронного обучения MyLMS позволяет получить к выделенному экземляру системы дистанционного обучения, размещённому в облаке компании WebSoft. Компания, при этом, может настроить внешний вид и структуру учебного портала своего экземпляра системы, с которым будут работать их пользователи.

Простота системы, при этом, не идёт в ущерб возможностям программного обеспечения – система MyLMS обладает всеми основными функциями, присущими системам СУО (LMS): управление учебными группами и набором обучающихся, управление учебными материалами, сопровождение и предоставление базы знаний. Кроме того, в системе частично реализована концепция игрофикации (геймификации), – посредством вручения бейджей и составления рейтингов внедряется соревновательность между учащимися. К сожалению, в MyLMS не поддерживается английский язык и отсутству-

ет вариант бесплатного использования системы. При этом есть демонстрационная или бесплатная пробная версия. Система MyLMS может быть установлена на мобильное устройство, Облако (SaaS).

MyLMS Система MyLMS поддерживает в своём интерфейсе только русский язык. Интерфейс MyLMS веб-ориентирован и не требует установки дополнительного программного обеспечения. Отдельное приложение MyLMS для устройств под Android иОС Windows отсутствует.

Программный продукт iSpringMarket (ранее Flora LMS, рус.Ай Спринг Маркет) от компании Ричмедиа (Россия) предназначен для создания, управления, продажи и предоставления онлайн-курсов. куририровать обучение, отслеживать результаты слушателей.

Интернет-сервис АйСпрингМаркет может быть эффективно использован отдельными тренерами, преподавателями, образовательными центрами, консультационными компаниями и учебными учреждениями

iSpringOnline – работает через интернет, не требует скачивания, установки на сервер и сложных настроек. Для начала работы необходимо создать аккаунт, загрузить материалы, назначить сотрудников. Управление системой не требует участия программиста. В облаке iSpringCloud можно хранить созданный учебный материал. Курс можно скачать и изучать с телефона.

Для того, чтобы упростить педагогам государственных школ задачу по дистанционному обучению, компания iSpring открыла бесплатный доступ к конструктору курсов iSpringSuite.

Среди минусов СДО iSpring можно выделить:

– Система платная: стоимость обучения зависит от количества пользователей.

– Есть ограничение по числу пользователей : минимальное— 50.

В программе iSpringSuite можно создавать:

– видеопрезентации,

– электронные курсы,

– интерактивные тесты и тренажеры.

Программа встраивается в PowerPoint, поэтому создать онлайн-курс преподаватели могут из простой презентации.

Образовательный онлайн-сервис iSpringMarket предоставляет следующие возможности:

– Интуитивно понятный пользовательский интерфейс, который нацелен на простоту в использовании, во многом исключая появления каких-либо технических проблем и затруднений в администрировании.

– Каждый из курсов имеет отдельную веб-страницу, где, будучи поставщиком курса, можно предоставить подробную информацию о курсе, такую как программа обучения, описание и отзывы пользователей.

– Структурирование курсов. Возможно выдавать курсы по отдельности или разбить их на категории, чтобы клиенту было легче находить релевантный контент.

– Для привлечения новых клиентов можно использовать и предлагать купоны и скидки на курсы.

– Для вовлечения учеников в образовательный процесс на платформе встроена система геймификации обучения.

Система iSpringMarket реализована с использованием веб-интерфейса и может быть использована на любой операционной системе с установленным веб-браузером. ОС Linux и Windows для использования iSpringMarket не подходит.

Вариант бесплатного использования системы отсутствует. У iSpringMarket есть демонстрационная или бесплатная пробная версия.

GetCourse (Геткурс) (Россия) – это онлайн-платформа, позволяющая организовать обучение, от создания учебных материалов до продажи курсов и управления учебным процессом. В качестве недостатка отмечается поддержка только русского языка.

Emdesell – это онлайн-сервис управления обучением. Программный продукт позволяет проводить курсы и тренинги, создавать и поддерживать закрытые информационные сообщества.

Программный продукт Emdesell (рус.Эмдеселл) предназначен для создания учебных курсов для заинтересованной пользовательской аудитории. Образовательный интернет-сервис подходит для автоматизации управления онлайн-школой, автоматизации тренинговых центов и инфобизнеса различного размера, а также для самозанятых консультантов и экспертов.

Использование системы Emdesell позволяет расширить возможности онлайн-обучения за счёт гибкой настройки, функционального личного кабинета, инструментов персонализации контента, вариативности учебных форматов.

Программный продукт Emdesell предоставляется для использования из облака (SaaS) и может быть использован на любых операционных системах и устройствах, где установлен современный веб-браузер. API-интерфейс у Emdesell отсутствует. ОС Linux и Windows для использования Emdesell не подходит.

К сожалению, поддержка английского языка и вариант бесплатного использования системы отсутствует.

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. Ребышева, Л. В. Проблемы дистанционного образования на современном этапе развития / Л. В. Ребышева, Е. В. Васильченко // Современные проблемы науки и образования. – Пенза : ООО ИД «Академия Естествознания», 2015. – № 2-2. – С. 684.

2. Андреев, А. А. Очерки дистанционного обучения в России / А. А. Андреев // Управление образованием: теория и практика. – 2014. – № 1 (13). – С.16–31.

3. Юров, С. С. Основы преподавания в Интернете : курс переподготовки преподавателей / С. С. Юров. – М. : ИнОБО, 2003. – 116 с.

Особенности перехода от дистанционного обучения к онлайн-обучению

Л. В. Хливненко, email: khlivnenko.lv@gmail.com [1,2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Инженерное бюро «МАТТЕСТ» г. Воронеж

Аннотация. *Рассмотрены задачи, направления и причины трансформации вузовского образования. Обозначены условия перехода от дистанционного обучения к качественному онлайн-обучению. Обсуждаются различные аспекты разработки онлайн-курса – единая точка входа, видеолекции, вебинары, обратная связь, хранение данных, проверка знаний, взаимодействие со студентами.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, онлайн-обучение, онлайн-курс, видеолекция, вебинар, обратная связь, тестирование.*

Введение

Реальности настоящего времени перевели обучение в вузах в дистанционный формат. Занятия рекомендовано проводить в жестком временном регламенте расписания очных занятий в режиме видеоконференций. Чаще всего для этих целей используется модуль «BigBlueButton» в LMS, разработанных на Moodle, или облачная платформа Zoom.

Прямой перенос традиционных методик организации обучения в интернет сопряжен с рядом проблем. Длительное пассивное слушание лекций за компьютером утомительно для студентов. Повторение учебного материала в разных группах одного потока утомительно для преподавателей. Подготовка презентаций и индивидуальное общение со студентами по переписке требует много времени. Преподавание и обучение «дома» требует качественной техники и владения разнообразными программными средствами.

Целью данной работы является обсуждение особенностей перехода от дистанционного обучения к полноценному онлайн-обучению в вузах и определение реальных путей движения в этом направлении.

1. Фокусы проблематики

Время диктует новые подходы к организации обучения в вузах. Позиция «переждать» и надежды на возврат к традиционным схемам, вероятно, не оправдаются. Новые веяния в образовании скорее всего не

© Хливненко Л. В., 2021

исчезнут вместе с коронавирусом, а получат дальнейшее развитие, также как компьютеризация всех сфер жизнедеятельности современного общества. Перед преподавателями сейчас стоит выбор: присоединиться к процессу или остаться сторонними наблюдателями.

Фронтальная педагогика, в которой лектор выступает источником знаний, была хороша в условиях дефицита доступа к информационным ресурсам. Сейчас более актуальной проблемой является навигация в имеющемся потоке информации и масштабирование лучших обучающих практик на интересующиеся слои населения.

Приобретение знаний субъективно и унификация моделей обучения не может быть одинаково эффективна для всех. В настоящее время развивается особая форма конструктивистского обучения, называемая совместным онлайн-обучением (OCL – Online collaborative learning) [1].

Новый подход предполагает активную позицию обучающихся в процессе приобретения знаний. Диапазон ролей преподавателя при этом расширяется – лектор, организатор, консультант, эксперт, оратор-мотиватор, модератор, куратор, руководитель…

Коммуникационные возможности интернета и современных программных сред используются как инструментарий для организации совместной работы в новом интерактивном ключе. Педагогические механики такого «перевернутого класса» требуют выхода из аудиторий в «жизнь» и интеграции разных аспектов обучения в одно целое [2].

Примерами новых масштабных обучающих практик являются геймификация и проектная деятельность.

Геймификация и использование игровой атрибутики в обучении вовлекает студентов в активный процесс усвоения знаний, вызывая интерес и эмоциональную активность. Знания, помноженные на эмоции, усваиваются глубже и хранятся дольше.

Игропрактика позволяет студентам действовать в учебной ситуации, близкой к реальной, для апробации и развития профессиональных и личностных компетенций. Одним из вариантов деятельностной обучающей практики является проектная деятельность.

Работа над проектом способствует развитию у студентов гибких навыков (Soft skills), таких как креативность, умение общаться, учиться, организовывать работу как свою, так и других членов команды. Это как раз то, что достаточно высоко ценится на рынке труда.

Цель организации таких мероприятий состоит в увеличении вовлеченности студентов в процесс получения новых знаний. Они их добывают сами! Простым становится только то, что понято, а это очень личный и индивидуальный процесс.

Динамично развивающиеся технологии, компьютеризация и сетевое взаимодействие в разнообразных аспектах жизнедеятельности, успешное применение методов обработки больших данных и искусственного интеллекта быстро меняют требования работодателей к выпускникам вузов. Сложно предсказать, какие именно новые профессии будут востребованы через 4-5 лет, пока студент проходит свое обучение в вузе. Есть запрос на гибкую систему обучения, позволяющую развивать уникальный набор личностных и профессиональных умений и навыков.

Персонализация обучения предполагает использование индивидуальных образовательных траекторий, подразумевающих подстройку содержания и методов обучения под личностные особенности обучающихся и имеющийся у них багаж знаний. Всё это требует оцифровки целых областей знаний и создания многоуровневых адаптивных обучающихся систем. EdTech-направление развивается силами коллективов, состоящих из специалистов разного профиля.

Например, чтобы создать качественный онлайн-курс требуется слаженная работа целой команды. Педагогический дизайнер занимается содержательной компонентой курса и его размещением в LMS. Редактор следит за грамотностью текстов. Дизайнер отвечает за разработку слайдов для презентаций и рабочих тетрадей. Харизматичный ведущий курса участвует в создании видеоконтента, съемку которого осуществляет оператор, а оцифровку – видеомонтажер.

Какой ответ может дать преподаватель обсуждаемым задачам сегодняшнего дня?

2. Пути движения в направлении к онлайн-обучению

Во-первых, новым методикам обучения и применению для них программных решений нужно учиться. В том числе дистанционно и на онлайн-курсах, чтобы не только приобрести новые навыки и понять происходящие трансформации вузовского образования, но почувствовать себя в роли студента и рядового участника проектной деятельности. Это серьёзная работа, требующая временных, финансовых и технических ресурсов.

Возможностей для обучения в интернете достаточно. Например, в настоящее время Международный научно-методический центр НИЯУ МИФИ совместно с Университетом 20.35 проводит в дистанционном формате полугодовую переподготовку по программам «Большие данные и цифровой образовательный инжиниринг», «Управление проектной деятельностью в цифровой образовательной среде университета», «Разработка приложений виртуальной реальности на движке Unity». Обучение бесплатно для преподавателей российских вузов. По

окончанию программ для слушателей предусмотрена защита ВКР с выдачей дипломов. Обучение проводится в рамках федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

В рамках проекта «Национальная платформа открытого образования» предлагаются онлайн-курсы по программам высшего образования. Ведущие университеты страны – МГУ им. М.В. Ломоносова, СПбПУ, СПбГУ, НИТУ «МИСиС», НИУ ВШЭ, МФТИ, УрФУ, Университет ИТМО объединили свои усилия и создают формат разработки качественных онлайн-курсов, соответствующих ФГОС ВПО. Учиться на платформе можно бесплатно. Платным является сдача экзамена с применением элементов прокторинга для получения сертификата об успешном прохождении курса.

Национальный открытый университет «ИНТУИТ» функционирует с 2009 года и предлагает широкий диапазон курсов и программ повышения квалификации в открытом доступе.

Приведенные примеры далеко не исчерпывают всего спектра обучающих возможностей рунета.

При желании можно дистанционно проходить курсы и участвовать в открытых вебинарах от ведущих университетов и компаний со всего мира. Например, на платформе Coursera, где партнерами являются такие мировые гиганты как Google, IBM и мировые лидеры в онлайн-обучении, такие как Стэнфордский университет.

Другим важным аспектом, ведущим в направлении к цели, является командная работа единомышленников, аккумулирующих личностные ресурсы в коллективный образовательный результат. Здесь важную роль играют такие факторы, как микроклимат в коллективе преподавателей и их желание действовать сообща. Дополнительная неоплачиваемая нагрузка вряд ли станет для этого мотивирующим стимулом.

Если преподаватель решил двинуться навстречу светлому педагогическому будущему в одиночку, то важно понимать, что личностные ресурсы ограничены и ключевым моментом является правильная расстановка приоритетов.

3. Детализация переходного процесса

Хороший стартовый план действий позволит достойно финишировать в конце семестра и выдержать повышенную педагогическую нагрузку.

Чтобы сориентировать студентов в предлагаемой схеме изучения материала, лучше использовать единую точку входа в свою обучающую среду. Например, это может быть страница курса в LMS вуза. Можно создать веб-сайт преподавателя и использовать его для учебной

информационной площадки. Автор использует облачный конструктор Fo.ru, представляющий обширную коллекцию готовых шаблонов. Структуру сайта автора можно посмотреть в интернет по ссылке [3].

Большинство облачных сервисов условно бесплатные. Например, на Fo.ru есть ограничения на объем размещаемых данных и на набор доступных шаблонов. За небольшую абонентскую плату можно приобрести уникальное доменное имя.

При использовании платных возможностей работа становится более комфортной. В Zoom, например, отпадает необходимость через каждые 30 минут переходить в новую видеоконференцию по другой предварительно разосланной всем студентам ссылке. К тому же случается, что Zoom изменяет параметры доступа к запланированным заранее конференциям.

Можно приспособиться к ограничениям бесплатных тарифов облачных сервисов, поскольку покупка удобных тарифов не вписывается в скромную зарплату преподавателей региональных вузов.

Хранить студенческие работы и размещать учебную информацию можно на Google или Yandex-диске, а на учебном портале размещать ссылки доступа к данным. В таком варианте преподаватель всегда имеет возможность оперативно управлять своими учебными материалами.

Создание видеоконтента снимает необходимость дублирования нового материала в разных группах. Студенты могут изучать материал в асинхронном режиме в удобное для себя время и в удобном темпе.

Видеохостинг YouTube позволяет размещать видеолекции на отдельном канале зарегистрированного в Google пользователя. Для информационной поддержки собственных курсов в техническом вузе автором был создан канал «Математика в вузе и дома». Видео по разным разделам математики собрано в плейлисты. Посмотреть авторские видеолекции и вебинары можно, перейдя на канал по ссылке [4].

Видеолекцию проще всего записать в Zoom, создав серию конференций. Видеозапись сохраняется на компьютере преподавателя. Автор использовал программу Bandicam для записи видео, а для монтажа и рендеринга – Corel VideoStudio.

Время на подготовку презентаций можно сократить, если использовать онлайн-сервисы с готовыми шаблонами. Например, сервис Canva.com предоставляет богатую коллекцию шаблонов для учебных целей. Если занятие предполагает большое количество записей или чертежей на доске, то быстрее всего выполнить их на листе бумаги и сфотографировать. Процесс динамического построения чертежа автор оцифровывал, сканируя отдельные фазы его создания. Обработка фотографий проводилась в графическом редакторе Photoshop.

Наличие видеоконтента освобождает время учебных занятий для интерактивной работы со студентами, во время которой активными участниками становятся обучающиеся. Время пассивного слушания за компьютером составляет 10-15 минут, затем желательно организовать отклик на учебный процесс, создав необходимость действенного участия и взаимодействия с обучающей средой.

На вебинарах, проводимых автором, была организована коллективная работа по подготовке к аттестационным мероприятиям. Студенты, изучив материал по видеолекциям, делали короткие сообщения по отдельным вопросам. Затем все вместе обсуждали и решали наиболее актуальные задачи. Обратная связь на вебинаре осуществлялась через чат в Zoom. Вопросы для слушателей должны быть достаточны простыми, чтобы они могли быстро генерировать ответ. Всё это оживляет занятие и делает его менее похожим на спиритический сеанс. Авторские вебинары можно посмотреть на YouTube-канале «Математика в вузе и дома».

Важным моментом онлайн-обучения является обратная связь со студентами, а также сбор и обработка цифрового следа. Перед вебинарами проводилось анкетирование, во время которого преподаватель узнал – какие вопросы студенты хотели бы с ним обсудить, какая тема или задача из изученных дистанционно вызывает наибольшие затруднения и почему, кто хотел бы принять участие в онлайн-сессии в качестве докладчика. Опрос был организован в Moodle. Для этой цели можно было бы использовать Google Форму.

Полезно бывает собрать рефлексию в виде эмоционального отклика сразу после проведенного вебинара, получив ответы на вопросы: что из услышанного сегодня будет полезно, что оказалось сложным для понимания, что хотелось бы изменить, какая тема или тезис показались наиболее интересными или спорными и почему. Обратная связь позволяет понять, как воспринимают процесс обучения студенты и адаптировать методику под их запросы. Получение внимания, а также необходимость систематически участвовать в вебинарах и опросах после их проведения, косвенно стимулирует интерес к предмету.

Почтовые адреса студентов удобно хранить в Google-контактах, собрав их в отдельные группы и используя для рассылок. Одним из альтернативных вариантов является мессенджер в LMS на базе Moodle. Преподаватель может оставлять сообщения в форуме, а система сама делает рассылку по студенческим адресам (если, конечно, студент подписан на эту рассылку). При отправке писем важно понимать, что почтовые ящики могут быть синхронизированы с телефоном и в этом

случае студент получит сообщение немедленно, даже если оно было отправлено в три часа ночи.

Систематизировать файлы с выполненными учебными заданиями удобнее в LMS, ограничив количество и формат загружаемых файлов. Это сразу разгружает почту преподавателя. В идеале автоматизировать этот процесс так, чтобы избежать утомительной проверки учебных заданий в ручном режиме. Например, достаточно объективным является тестирование, в котором из банка в 80-100 вопросов формируется случайная выборка в 20-25 вопросов, предполагающих 4-5 вариантов ответов с множественным выбором. Одним из возможных ответов может быть – «среди предложенных вариантов нет правильного». Такое тестирование можно организовать в LMS на базе Moodle, включив при этом случайный порядок отображения вариантов и перемешивание порядка выдачи вопросов.

Общение студентов друг с другом и при необходимости с преподавателем удобно организовать в Discord, создав тематические чат каналы по разным темам. Преподаватель может асинхронно со студентами вести переписку, которая видна всем участникам. Здесь же можно общаться голосом или организовать видеочат для группы до 25 участников. Сервис позволяет встраивать чат-боты для автоматизации процесса общения с собеседниками.

Заключение

Представленные в данной статье фокусы трансформации вузовского образования позволяют сделать вывод о том, что этот процесс необратим и вызван объективными потребностями сегодняшнего дня. Развитие и внедрение систем обработки больших данных и искусственного интеллекта позволяют персонифицировать процесс обучения. В конечном итоге это должно освободить преподавателя от рутинной деятельности и дать простор для творчества ему и студентам.

Создание качественных онлайн-курсов предполагает коллективную работу. В одиночку преподаватель тоже может организовать процесс обучения в онлайн, если будет понимать, что и как нужно делать. Возможности для обучения новым методикам преподавания в интернете есть, также как и готовые сервисы для поддержки такой работы. Поэтому ключевую роль в переходе от дистанционного обучения к полноценному онлайн-обучению в вузах играет, как это часто бывает, человеческий фактор, наличие ресурсов и грамотная организация.

Список литературы

1. Brindley, J. Creating Effective Collaborative Learning Groups in an Online Environment / J. Brindley, C. Walti, L. Blashke // International Review of Research in Open and Distance Learning. – Vol. 10, No. 3. – 2009. – Режим доступа : https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ847776.pdf

2. Harasim, L. Learning Theory and Online Technologies / L. Harasim. – New York/London: Routledge, 2012. – Режим доступа : https://doi.org/10.4324/9781315716831

3. Хливненко, Л. В. Учимся с удовольствием [Электронный ресурс] / Л. В. Хливненко. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : https://hlivnenko.fosite.ru/

4. Хливненко, Л. В. Математика в вузе и дома – Любовь Хливненко [Электронный ресурс] / Л. В. Хливненко. – Электрон. дан. – Режим доступа : https://www.youtube.com/channel/UCigdY2tKAa5wHYuSWpp6lQw

Секция 8
Программное обеспечение образовательного учреждения

Разработка web-приложения для системы контроля успеваемости студентов на основе языков HTML, PHP, SQL

Г. В. Давтян, email: davtyan.gayane99@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

Аннотация. *В работе рассматривается разработка web-приложения, которое позволяет: контролировать успеваемость студентов учебного заведения; администрировать контент; управлять учетными записями пользователей при помощи web-интерфейса. Пользователи данного web-приложения имеют возможность просматривать контент; система позволяет присваивать разные права доступа к информации в зависимости от категории пользователя. Приложение разработано с использованием языков PHP, HTML и взаимодействует с сервером MySQL.*

Ключевые слова: *web-приложение, разработка, интерфейс, пользователь, система контроля успеваемости, HTML, PHP, SQL.*

Введение

Перспективным направлением развития современного образования является организация учебной деятельности путем, создания информационно-коммуникационной образовательной среды. Среди современных информационных систем все большую часть занимают сервисы обучения и информационные системы с web-приложениями [1]. Применение web-приложений в системе образования облегчает деятельность, как преподавателя, так и студента, создают эффективную обратную связь, позволяют объективно оценивать и контролировать успеваемость студентов [2, 3]. В условиях угрозы распространения коронавирусной инфекции большинство университетов и колледжей по рекомендации Министерства науки и высшего образования РФ приняли решение о переходе на дистанционное обучение. Об этом свидетельствует распоряжение Министерства просвещения РФ от 18 мая 2020 года N Р-44 «Об утверждении методических рекомендаций для внедрения в основные общеобразовательные программы современных цифровых технологий». Согласно проекту, цифровая образовательная среда представляет собой, в частности, совокупность условий для реализации образовательных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий,

© Давтян Г. В., 2021

обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся [4]. В связи с этим все очные занятия, включая лекционные, практические и даже лабораторные при наличии виртуальных аналогов, были перенесены в онлайн-среду [5].

Контроль успеваемости в информационной среде является одним из главных компонентов учебного процесса, и от его верной организации на всех этапах учебного процесса в конечном итоге зависит качество знаний [6]. Проблемы системы контроля успеваемости изучались Гречушкиной Н. В., в частности автором рассматривались факторы качества оценивания знаний и проблемы получения педагогом объективной информации о степени освоения учебного материала [7]. Войт Н. Н. в исследовании, посвященном разработке программного обеспечения оценки действий обучаемых», указывает на необходимость контроля успеваемости, которая автором связывается не только с уровнем и качеством обученности, но и с объемом учебного труда [8].

Однако данные работы не учитывали особенности обучения в современных условиях Проблемы «системы контроля успеваемости учащихся» в современных условиях, в области информатики, вычислительной техники и информационных технологий по нашему мнению заключаются в: 1) обеспечении обратной связи между учителем и учащимся; 2) своевременном выявлении пробелов; 3) корректировки учебных процедур согласно результатам обратной связи; 4) итоговой оценке результатов и постановки новых целей [9].

Поэтому предлагается разработать web-приложение, которое позволит решить проблемы обеспечения более высокого качества образования и научных исследований в вузе [10]. Web-приложение позволит получить сведения об учащихся, о выполнении или не выполнении ими текущих учебных работ фиксируя информацию в индивидуальный электронный дневник [11, 12]. Студент группы может в том числе и в своем мобильном профиле получить информацию о одногруппниках и выполнять работы [13]. Также разработан профиль для сотрудников (преподавателей) деканата и для администратора приложения.

1. Разработка приложения

Для разработки и тестирования приложения на компьютер был установлен локальный сервер Denwer, работающий на базе Apache. Для обеспечения взаимодействия Denwer с приложением была создана папка с названием системы. В созданную папку были добавлены документы, содержащие HTML код и PHP скрипты, а также файл дампа базы данных. Разработка проекта происходила на платформе Windows [14].

Для создания проектов, анализа корректной работы приложения и его тестирования были привлечены, в том числе студенты бакалавры технических и педагогических вузов и использованы языки программирования PHP и HTML [15-18].

В процессе работы над проектом web-приложения была создана IDEF0 модель поэтапной разработки web-приложения [19, 20].

Центральный элемент системы – родительский блок «Разработка web-приложения для системы контроля успеваемости студентов» (рис. 1). К этому блоки принадлежат стрелки входа, означающие данные, которые приложение получает из внешних источников. Выходной информацией системы обозначены стрелки выхода— это итог работы приложения.

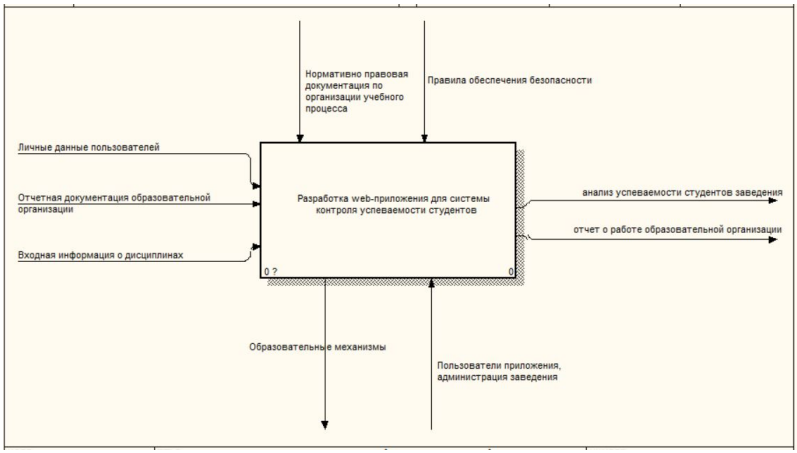


Рис. 1. Родительский блок

Все стрелки, которые были определены ранее мигрировали на дочернюю диаграмму (рис. 2). На дочерней диаграмме представлены следующие блоки: разработка требования и процесса идентификации, проектирование и ведение проектной документации, реализация приложения и тестирование, ввод в действие. Стрелка механизма, обозначенная как «Пользователи приложения, администрация заведения» взаимодействует с системой исходя из прав доступа, обозначенных стрелкой управления.

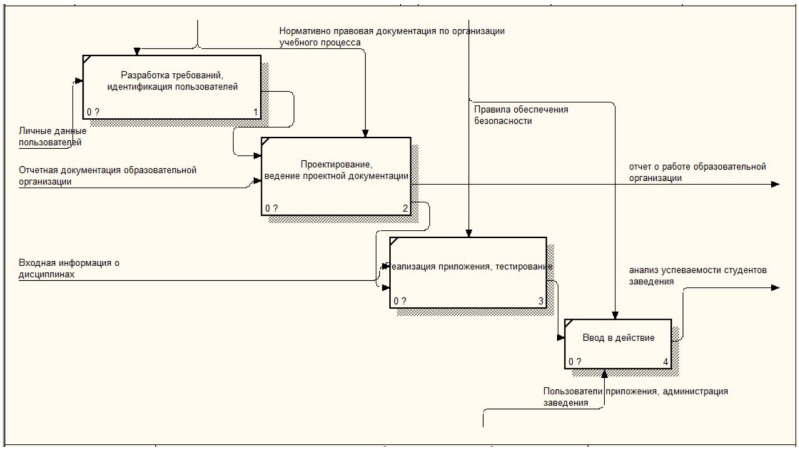


Рис. 2. Дочерняя диаграмма

В качестве примера кода приложения рассмотрим функцию, которая отвечает за ограничения при регистрации пользователя. На рис. 3 представлен фрагмент программного кода web-приложения, отвечающий за проверку полей ввода.

```
f(isset($_POST['submit']))

 // $err=[];


  if(!preg_match("/^[a-zA-Z0-9]+$/",$_POST['login']))
  {
      $err[] = "Логин может состоять только из букв английского алфавита и цифр";
  }

  if(strlen($_POST['login']) < 3 or strlen($_POST['login']) > 30)
  {
      $err[] = "Логин должен быть не меньше 3-х символов и не больше 30";
  }

  $query = mysqli_query($link, "SELECT login FROM logins WHERE login='".mysqli_real_escape
  if(mysqli_num_rows($query) > 0)
  {
      $err[] = "Пользователь с таким логином уже существует в базе данных";
  }

  $query1 = mysqli_query($link, "SELECT login FROM logins WHERE mail='".mysqli_real_escape
  if(mysqli_num_rows($query1) > 0)
  {
      $err[] = "Пользователь с таким e-mail уже существует в базе данных";
  }
```

Рис. 3. Фрагмент кода формы регистрации пользователя

Пользователь «Студент» учебного заведения имеет право получить информацию о студентах своей группы и о выданных заданиях. Важнейшая функция этого интерфейса – просмотр и выполнение задания. Пример управления в профиле «Студент» показан на рис. 4 и 5.

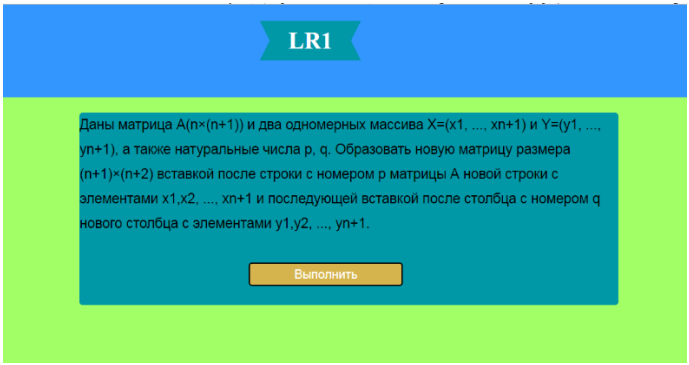


Рис. 4. Интерфейс пользователя с формулировкой задания

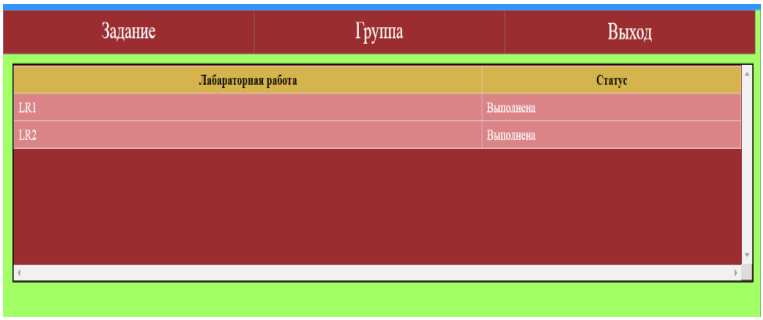


Рис. 5. Интерфейс пользователя со списком заданий и их статусом

Заключение

На сегодняшний день актуальным вопросом остается порядок получения студентами образовательных учреждений достойного и качественного инновационного образования [21, 22], но в условиях значительных рисков, связанных как с пандемией, так и с периодически возникающими проблемами и сложностями в работе коммуникационных систем и программного обеспечения [23]. Интенсивное внедрение дистанционных технологий контроля успеваемости студентов в значительной мере синергетически решает

существующие проблемы дистанционного обучения и отвечает запросам современного учебного процесса [24-27]. Предлагаемое web-приложение не требует высокой технической оснащенности учебного заведения или особых программных продуктов пользователя [28]. Ресурс создан в рамках приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации»: Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1836 «О государственной информационной системе "Современная цифровая образовательная среда"».

Список литературы

1. Сервисы обучения информатике и новая наука о сервисах, управлении и инжиниринге как основе инновационной деятельности в современной высшей школе / Г. В. Абрамян [и др.] // Письма в Эмиссия.Оффлайн : электронный научный журнал. – СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. – № 4. – С. 1783.
2. Никсон, Р. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5 / Робин Никсон. – СПб. : Изд-во БХВ-Петербург, 2013.
3. 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. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 135–137.
4. Абрамян, Г. В. Технологии дистанционного обучения с использованием телекоммуникаций / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации : межвузовский сборник научных трудов. – СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 1998. – С. 91–95
5. Абрамян, Г. В. Особенности организации дистанционного образования в вузах в условиях самоизоляции граждан при вирусной пандемии / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные проблемы науки и образования. – Электрон. журн. – 2020. – № 3. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29830
6. Шумкова, И. Г. Особенности, значение и принципы формирования информационно-образовательного пространства вуза на основе интернет-ресурса «СПБ ГИПИСР» / И. Г. Шумкова, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 100.
7. Гречушкина, Н. В. Факторы интеграции онлайн-курсов в образовательную систему вуза / Н. В. Гречушкина // Электронное

обучение в непрерывном образовании : сборник трудов V Международной научно-практической конференции. – Ульяновск : УлГТУ, 2018. – С. 16–23.

8. Войт, Н. Н. Разработка программного обеспечения оценки действий обучаемых / Н. Н. Войт. – Ульяновск, 2019.

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 : материалы Шестнадцатой открытой Всероссийской конференции. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 211–213.

10. Коваленко, М. М. Модель оптимизации структуры сайта студенческого научного общества Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена на основе .HTACCESS/.HTPASSWD доступа и CGI хостинга / М. М. Коваленко, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 93.

11. 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. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 337–339.

12. Борисова, С. А. Методика оптимизации информационной системы «Электронный дневник учащегося» основе интеграции сервис-модулей: «Sms-оповещения», «Напоминания», «Библиотека» / С. А. Борисова, Г. В. Абрамян // Современные проблемы развития техники, экономики и общества : материалы II Международной научно-практической очно-заочной конференции / науч. ред. А. В. Гумеров. – Казань : Рокета Союз, 2017. – С. 43–45.

13. Колк, Н. А. Опыт обучения студентов web-программированию на мобильных устройствах с сенсорным экраном в среде визуальных сервисов Google Blockly / Н. А. Колк, А. Ю. Хижняк, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 22.

14. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, Б. Т. Мозгирев. – СПб. : ЛГОУ им. А.С. Пушкина, 2004.

15. Прохоренок, Н. А. Джентельменский набор с использованием HTML, JavaScript, PHP и MySQL / Н. А. Прохоренок, В. А. Дронов. – СПб. : Изд-во БХВ-Петербург, 2017.

16. Абрамян, Г. В. Методика анализа и технологии оптимизации времени обработки запросов Веб-приложений электронных образовательных ресурсов в среде скриптового интерпретатора PHP и Веб-серверной платформы выполнения JAVASCRIPT NODE.JS / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XV Международной научно-методической конференции. – Воронеж : ФГОУ ВПО ВГУ, 2015. – Т. 3. – С. 199–204.

17. Моглан, Д. В. Научно-методические подходы к обучению объектно-ориентированному программированию бакалавров направления «Педагогическое образование» / Д. В. Моглан, Г. В. Абрамян // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 8.

18. Паирель, Д. Я. Проектирование и разработка WEB-интерфейса E-PORTFOLIO FRONTEND разработчика с использованием библиотеки REACT на языке JAVASCRIPT / Д. Я. Паирель, Г. В. Абрамян // Современное программирование : материалы II Международной научно-практической конференции / отв. ред. Т. Б. Казиахмедов. – 2019. – С. 60–64.

19. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Российская история. – 2012. – Т. 2012. – С. 238.

20. Абрамян, Г. В. Проект интеллектуальной информационной системы образовательных сервисов и услуг северо-западного региона / Г. В. Абрамян, С. А. Рысков / Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета : статьи докладов / ответственный редактор А. В. Коричко. – Нижневартовск : ФГБОУ ВО НВГУ, 2016. – С. 1390–1392

21. Абрамян, Г. В. Методология и принципы преподавания информатики и информационных технологий на основе нейролингвистического программирования познавательной и учебной деятельности обучаемых / Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методы, технологии : материалы XX Международной научно-методической конференции / под ред. А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова. – Воронеж : Вэлборн, 2020. – С. 1778–1783.

22. Абрамян, Г. В. Инновационные подходы в области обработки данных экспериментов по автоматизации систем управления вузом и обучения информационным технологиям в высшей школе / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, М. А. Абиссова // Письма в Эмиссия.Оффлайн : электронный научный журнал. – СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. – № 11. – С. 1898.

23. Абрамян, Г. В. Риски и потенциальные угрозы компьютерных систем и технологий электронного обучения на платформе Windows научно-образовательной среды Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Региональная информатика и информационная безопасность : сборник трудов. – СПб. : СПОИСУ, 2015. – С. 414–416.

24. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 18.

25. Фокин, Р. Р. Метамодель развертывания Интернет-технологий обучения в региональном вузе для студентов гуманитарного и социально-экономического профиля / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Интернет. Общество. Личность: ИОЛ-2000: новые информационно-педагогические технологии : вторая Международная конференция: тезисы докладов. – Институт «Открытое общество», 2000. – С. 32.

26. Синергетический подход в сервисных и информационных технологиях нелинейного развития вузовского менеджмента качества, самоуправления и инжиниринга современных образовательных ресурсов на основе ПОС/ПУС пакетов SSME сервисов / Г. В. Абрамян [и др.] // Письма в Эмиссия.Оффлайн : электронный научный журнал. – СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. – № 10. – С. 1893.

27. Абрамян, Г. В. Особенности формирования системы дистанционного образования в России / Г. В. Абрамян // Информатика – исследования и инновации. СПб. : Ленинградский областной институт развития образования (ГАОУ ДПО «ЛОИРО»), 1999. – С. 86–89.

28. Фокин, Р. Р. Технические средства обучения и Hardware / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Телекоммуникации, математика и информатика – исследования и инновации : межвузовский сборник научных трудов. – СПб. : Образование, 2002. – С. 20–21.

Сквозной поток в организации внеурочной деятельности: создание учебного материала для проведения занятий

Т. М. Дуракова, email: mix26@bk.ru [1]
С. Г. Дураков, email: bak87@list.ru [1]
Н. М. Жук, email: chuk_n_m@mail.ru [2]
А. Н. Шевелёва, email: shevelevaanzhelika@yandex.ru [1]

[1] ОГАПОУ «Валуйский колледж»
[2] ОГАПОУ «Алексеевский колледж»

Аннотация. *Федеральные государственные образовательные стандарты начального профессионального и среднего профессионального образования имеют целью обновление системы образования и создания условий для развития и формирования успешных профессионалов. Новые акценты в деятельности профессиональных образовательных организаций предполагают возрастание роли внеурочной работы, которая создает дополнительные возможности для самореализации и творческого развития каждого обучающегося, формирования его индивидуальной образовательной траектории.*

Ключевые слова: *компетенции, федеральные государственные образовательные стандарты, сквозной поток.*

Введение

К основным видам учебных занятий наряду с другими (урок, лекция, семинар, контрольная, лабораторная работа, консультация, практика, курсовая работа) относится внеурочное занятие, которое направлено на формирование учебных и профессиональных практических умений.

Состав и содержание внеурочного занятия определяется его ведущей дидактической целью формирование практических умений:

– профессиональных (выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности);
– учебных, необходимых в последующей учебной деятельности.

Состав и содержание внеурочных занятий направлены на реализацию государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки студентов. Они должны охватывать весь круг профессиональных компетенций.

© Дуракова Т. М., Дураков С. Г., Жук Н. М., Шевелёва А. Н., 2021

Внеурочные занятия в среднем профессиональном образовании являются специфическим педагогическим средством организации и управления деятельностью студентов в учебном процессе.

Внеурочная работа студентов по специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование проводится с целью:

– систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

– углубления и расширения теоретических знаний;

– развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

– формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

– развития исследовательских умений.

Федеральные государственные образовательные стандарты начального профессионального и среднего профессионального образования имеют целью обновление системы образования и создания условий для развития и формирования успешных профессионалов. Новые акценты в деятельности профессиональных образовательных организаций предполагают возрастание роли внеурочной работы, которая создает дополнительные возможности для самореализации и творческого развития каждого обучающегося, формирования его индивидуальной образовательной траектории. Федеральные государственные стандарты обращают внимание педагогов на значимость организации образовательной деятельности обучающихся за рамками учебных помещений, важность занятий по интересам, их соответствие потребностям и возможностям обучающихся. Их реализация должна обеспечить преемственность основных образовательных программ и единство образовательного пространства.

1. Сквозной поток в организации внеурочной деятельности

В настоящее время мировой тенденцией в образовании в целом и в среднем профессиональном в частности стало освоение компетентностного подхода.

При этом существуют различные понимания термина «компетенция». Сущность этого понятия как нельзя лучше раскрывается в его происхождении. В самом деле, слово competence (англ.) является однокоренным по отношению к словам competition – конкуренция, соревнование, конкурс; competitor – конкурент, соперник. Если в советские времена существовал институт государственного распределения, и выпускник вуза мог не беспокоиться о своем профессиональном трудоустройстве, то теперь молодой специалист

оказывается в конкурентной среде на рынке труда, и уже одно это заставляет его осваивать предметные области, в которых он к окончанию СПО должен быть компетентным. Следовательно, речь идет об обучении не как о пассивном наполнении знаниями, а как об их активном освоении.

Внедрение компетентностного подхода находит отражение в структуре рабочих программ внеурочной деятельности. Прежде всего, во внеурочной деятельности указываются как ключевые компетенции на входе, так и на выходе (цели курса). Уровень овладения ключевыми компетенциями на входе оценивается посредством входного педагогического контроля. Уровень знаний студентов в процессе обучения оценивается посредством текущего контроля знаний. Уровень овладения ключевыми компетенциями на выходе обеспечивается посредством рубежного (итогового) педагогического контроля рис. 1.

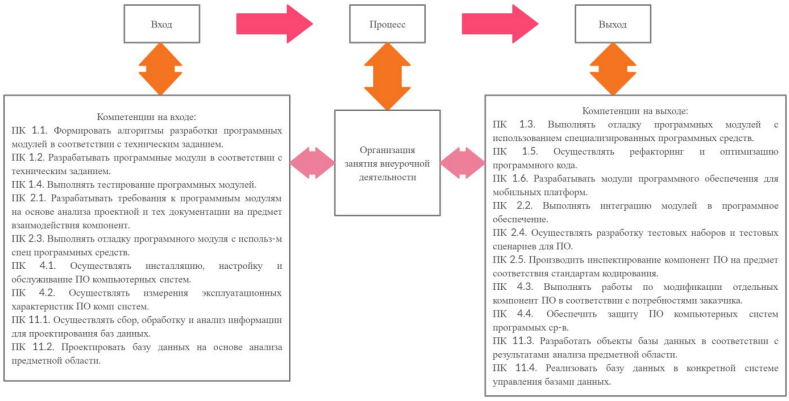


Рис. 1. Компетенции на входе и на выходе

Рассмотрим упрощение приведенных выше общих компетенций на входе и выходе для организации внеурочной деятельности, а именно так называемый сквозной поток, в рамках которой основной акцент делается на рассмотрение потоков абитуриентов, учащихся и выпускников колледжа. Потоковая модель может быть представлена следующим образом рис. 2. На входе имеется абитуриент (со своими потребностями в образовательных услугах, интересами и ценностными ориентациями), на выходе – выпускник, осуществляющий предложение рабочей силы, или продолжающий образование в других образовательные организации [1].

Таким образом, сквозной поток включает в себя все стадии, начиная от профориентации и приёмной комиссии, до выполнения основных видов деятельности и защиты итогового задания рис. 3 [2].

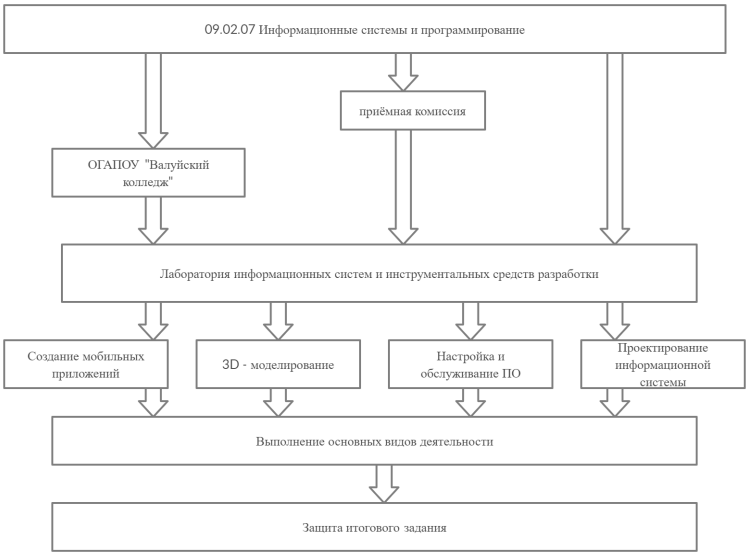


Рис. 2. Сквозной поток

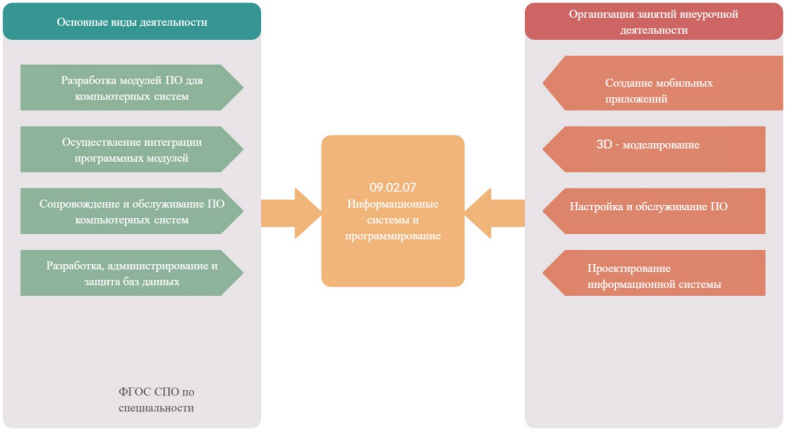


Рис. 3. Виды деятельности

Заключение

Федеральные государственные стандарты обращают внимание педагогов на значимость организации образовательной деятельности обучающихся за рамками учебных помещений, важность занятий по интересам, их соответствие потребностям и возможностям обучающихся. Их реализация должна обеспечить преемственность основных образовательных программ и единство образовательного пространства.

Таким образом, для успеха в организации внеурочной деятельности обучающихся принципиальное значение имеет различение результатов и эффектов этой деятельности. Результат внеурочной деятельности – это то, что стало непосредственным итогом участия обучающегося в деятельности (например, он приобрел некое знание, пережил и прочувствовал нечто как ценность, приобрел опыт действия).

Список литературы

1. Беляева, Т. М. Правовая информатика / Т. М. Беляева // Информатизация образования и науки. – 2018. – № 1 (15). – С. 99-112.

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. – 59 с.

Секция 9
Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы

Применение реверсного подхода проектирования объекта с заданными свойствами для построения программ дополнительного образования

И. И. Каширская, email: irkashir@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Описана последовательность построения программ дополнительного образования с реверсного подхода к проектированию.*

Ключевые слова: *образовательный контент, реверсный подход, проектирование программ обучения, дополнительное образование, траектория обучения.*

Введение

Дополнительное обучение прочно вошло в жизнь специалистов практически всех областей деятельности. Многие люди не только постоянно повышают свою квалификацию в сфере своей профессии, но и приобретают новые, дополнительные знания. Чаще всего это знания информационных технологий [1].

В дополнительном образовании очень важно оценить начальный уровень обучаемых и правильно построить траектории обучения и программу курса [2].

Чаще всего это делается в такой последовательности: строится последовательность тем: от начальной до конечной. Наполнение тем и количество часов, отводимых на тему, зависит от общего количества часов на программу и уровня обучаемых.

1. Применение реверсного подхода проектирования объекта с заданными свойствами для построения программ дополнительного образования

Предлагается на этапе планирования в проектировании программы обучения использовать реверсный подход. Главным в реверсном подходе является обратное направление проектирования, то есть на основе анализа целей обучения строится цепочка необходимых для достижения целей курсов [3].

Например, для создания обучаемым сайта необходимы знания и умения, полученные в курсе web-дизайна, для успешного усвоения курса web-дизайна необходим курс компьютерной графики, для успешного усвоения курса компьютерной графики необходимы знания,

© Каширская И. И., 2021

полученные в курсе «Основы цветоведения и композиции» и так далее до имеющихся навыков обучаемого на начальном этапе обучения.

Важной частью проектирования программ обучения является формирование перечня знаний, умений и навыков (ЗУН), на основе которого будут определены учебные цели.

Определим учебные цели как утверждения о том, что обучаемые будут способны делать по окончании подготовки. Учебные цели разделим на конечные и промежуточные.

Далее под объектом будем подразумевать обучаемого, достигшего или предполагающего достичь учебные цели.

При обратном реверсном подходе предлагается следующая последовательность действий – формируется общий набор ЗУН и набор действий, превращающих один ЗУН в другой (пара атрибутов), затем описывается конечная модель объекта, а после совершения обратного прохода от конечного набора атрибутов по цепочкам набора действий и пар атрибутов в результате формируется необходимый начальный набор атрибутов (данный набор описывает исходный объект – т. е. начальный набор навыков обучаемого, необходимый для достижения конечной цели).

Схема этапов реализации реверсного подхода при проектировании программ обучения представлена на рис. 1.

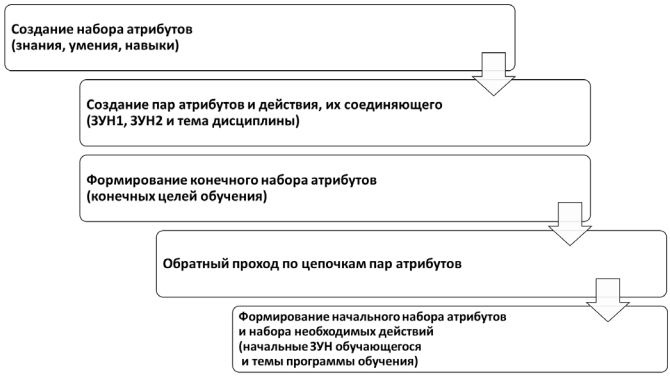


Рис. 1. Схема реверсного подхода

Свойствами объекта являются учебные цели в виде знаний, умений и навыков. Свойства могут быть созданы с использованием разных уровней детализации.

Например, конечный объект – человек, могущий выполнять функции полиграфиста. Атрибуты здесь будут представлять собой

знание чего-либо. Конечный набор атрибутов может быть сформулирован как владение следующими знаниями: типографика, верстка в издательской программе, обработка графики, допечатная подготовка, полиграфический процесс.

Другой уровень детализации может представлять собой следующий набор знаний: правила верстки текста, выбор шрифтов, верстка одностраничных листовок, верстка книги, верстка буклетов, выбор нужного цветового профиля, проверка и решение проблемы прозрачности, цветоделение, лакировка и вырубка, выбор бумаги, выбор способа переплета книги.

Еще один уровень детализации может быть, например, таким: использование пробельных символов, использование различных видов тире, создание стилей, создание обтравочных контуров, импорт объектов, создание цветоделенного макета, внедрение профилей ICC, сборка спусковых полос и т.п.

Примеры разных уровней детализации для объекта «веб-мастер»: умение верстать страницы, умение обрабатывать графический контент, понимание дизайнерского макета (действия – знание графического редактора) или умение провести тоновую коррекцию, кадрирование, ретушь (действия – конкретные темы).

Уровни детализации разных свойств могут комбинироваться. Например, для вышеописанного третьего уровня детализации могут быть добавлены следующие знания: обработка растровых объектов в редакторе растровой графики, предварительная обработка внедряемого видеообъекта.

Для каждого свойства с помощью экспертов может быть задан перечень всех возможных количественных (точное значение или диапазон) и качественных (перечисление, шкалы или градации) характеристик данного свойства.

При высоких уровнях детализации новые объекты формируются разными наборами свойств. Для начальных уровней детализации новые объекты можно получать, просто меняя количественные и качественные характеристики одного и того же объекта.

Например, в вышеописанном примере можно объект «верстальщик» описать как: типографика (средний уровень), верстка в издательской программе (высокий уровень), обработка графики (высокий уровень), допечатная подготовка (средний уровень), полиграфический процесс (начальный уровень).

Используя тот же набор свойств, объект «инженер-полиграфист» может быть описан как типографика (начальный уровень), верстка в издательской программе (начальный уровень), обработка графики

(начальный уровень), допечатная подготовка (высокий уровень), полиграфический процесс (высокий уровень).

Объект «дизайнер-полиграфист» будет представлен следующим набором: типографика (высокий уровень), верстка в издательской программе (начальный уровень), обработка графики (высокий уровень), допечатная подготовка (начальный уровень), полиграфический процесс (начальный уровень) с добавлением дополнительных знаний: цветоведение (высокий уровень), композиция (высокий уровень), дизайн полиграфической продукции (высокий уровень).

При формировании перечня следует использовать множество экспертных оценок с весами, определяющими важность сформулированного навыка или умения. Этот подход позволит минимализировать влияние личностного подхода и даст более объективную оценку необходимости и важности включения данного навыка или умения.

Также на построение программы курсов влияет вид образовательной программы (краткосрочные, среднесрочные и программы профессиональной переподготовки) и минимум содержания и уровня подготовки специалиста, определенные в стандартах дополнительного образования. Кроме стандартов на траекторию обучения влияют соотношение лекционных и практических занятий, доступность оборудования и программного обеспечения при построении курсов, имеющих отношение к информационным технологиям.

Реверсивная модель будет удобна и при модульной системе организации дополнительного образования [3, 4]. На рис. 2 слева представлены модули программы, а справа – специальности, для обучения которым используются различные наборы модулей программы.



Рис. 2. Схема модулей и специальностей

Заключение

Данный подход был примен при проектировании программы дополнительного образования по специальности «Web-дизайн и компьютерная графика» факультета ПММ ВГУ и других программ дополнительного образования [4, 5].

Список литературы

1. Каширская, И. И. Разработка учебных программ курсов по информационным технологиям в условиях конфликта, порожденного модернизацией образования / И. И. Каширская // Материалы XLIII отчетной научной конференции за 2004 год, Воронеж, Воронежская государственная технологическая академия, 2005.

2. Каширская, И. И. Проектирование образовательных программ непрерывного образования, поддерживающих индивидуальную траекторию обучения / И. И. Каширская, С. Е. Ландсберг // Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции «Информатизация учебного процесса и управления образованием. Сетевые и интернет-технологии», Воронеж, ВОИПКРО, 2005.

3. Каширская, И. И. Реверсивная модель проектирования программы дополнительного профессионального образования с использованием системного подхода / И. И. Каширская, С. В. Зиновьев // Вестник факультета прикладной математики, информатики и механики. – Воронеж, 2015. – Вып. 10. – С. 69–72.

4. Каширская, И. И. Проектирование программы начального обучения педагогических работников мультимедийным технологиям с использованием реверсивной модели / И. И. Каширская // Информатика: проблемы, методология, технологии : сборник материалов XVI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2016 г. – С. 319–322.

5. Каширская, И. И. Построение и реализации программы обучения трехмерному моделированию и 3D-печати / И. И. Каширская, Т. Г. Богомолова // Информатика: проблемы, методология, технологии : сборник материалов XVI Международной научно-методической конференции, Воронеж, 11–12 февраля 2016 г. – С. 316–319.

Секция 10
Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

Цифровая грамотность обучающихся и педагогов: проблемы и перспективы

А. С. Малышев, e-mail: amalishev101@gmail.com

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей № 15» г. Воронежа

Аннотация. *Рассмотрены современные ИКТ-технологии, применяемые в образовательном процессе, приемы и цифровые инструменты проектной деятельности, определены проблемы онлайн-обучения в современной школе, намечены перспективы использования электронного обучения, дистанционных технологий.*

Ключевые слова: *цифровизация, цифровая грамотность, информационная компетентность, цифровые технологии, смешанное обучение, дистанционное обучение, образовательный контент, интернет-ресурсы.*

Введение

Информационно-коммуникационные технологии прочно вошли во все сферы деятельности человека. В системе высшего образования они используются не только для обработки информации, ведения документооборота и обучения компьютерным дисциплинам, но и для хранения учебной информации: как простых визуальных материалов и презентаций, так и различных инструментальных средств, и систем поддержки дистанционного освоения специальности. Глобальные изменения, которые происходят во всех сферах нашей жизни, проявляются и в сфере образования. Нарушилась традиционная, сложившаяся много веков назад, система передачи знаний и практического опыта. Стремительно сокращаются сроки внедрения в практику новейших достижений науки и техники, полученные профессиональные навыки требуют быстрого обновления.

Новая ментальность человека формируется на основе осознания процессов информатизации и цифровизации всех сфер жизни общества. Навыки цифровой грамотности, наличие которых ранее было необходимо только узкой группе специалистов, сегодня являются неотъемлемой частью жизни каждого человека. Современное общество требует от работников гибко реагировать на возникающие проблемы, работать в команде, эффективно использовать коммуникации, искать и обрабатывать информацию, производить новые знания. Именно поэтому

© Малышев А. С., 2021

информатизации и цифровизации образования сейчас отведена приоритетная роль.

1. Цифровая грамотность учащихся и педагогов

Цифровая грамотность – это способность создавать и использовать контент с помощью цифровых технологий, включая навыки компьютерного программирования, поиск и обмен информацией, коммуникацию с другими людьми. Цифровая грамотность охватывает широкий спектр компетенций. Это навыки управления персональными данными в сети Интернет и собственной кибербезопасностью, знания о своем цифровом следе, развитое критическое мышление, позволяющее анализировать достоверность информации на веб-сайтах, умения создавать медиаконтент и обмениваться им, и многое другое.

Широта содержания данного понятия дала основания специалистам выделить в цифровой грамотности несколько составляющих. К ним были отнесены:

1. информационная и медиакомпетентность – знания, умения, навыки, ответственность, связанные с поиском, пониманием и обработкой информации, созданием цифровых ресурсов.

2. техническая компетентность – знания, умения, навыки, ответственность, позволяющие эффективно и безопасно использовать технические и программные средства в процессе профессиональной и иных видов деятельности.

3. потребительская компетентность – знания, умения, навыки, ответственность, позволяющие с помощью цифровых устройств и сети Интернет решать различные задачи повседневной жизни, удовлетворять различные потребности.

4. коммуникативная компетентность – знания, умения, навыки, ответственность, позволяющие эффективно выстраивать процесс коммуникации в различных формах (блог, форум, электронная почта и т.п.) и с разными задачами [1].

Очевидно, что важная роль в процессе формирования цифровой грамотности отведена школе. Современные события, происходящие в нашей стране и мире в целом, доказали актуальность использования электронного обучения и дистанционных технологий. В Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017-2030 годы, утвержденной 9 мая 2017 г. Указом Президента Российской Федерации, в качестве одного из приоритетных проектов определена программа «Современная цифровая образовательная среда», целью которой является доступное и качественное онлайн-обучение граждан страны с помощью цифровых технологий [2].

МБОУ «Лицей № 15» активно включился в процесс по внедрению цифровых технологий обучения, воспитания и управления. Педагоги активно применяют в своей работе образовательные интернет-ресурсы: платформы РЭШ, ЯКласс, Учи.Ру и другие, разрабатывают и размещают вместе со школьниками краудсорсинговые проекты и исследования на интернет-платформе Глобал-Лаб. Учителя истории МБОУ «Лицей № 15» не только активно используют медиапродукты, но и являются авторами-разработчиками уроков Российской электронной школы. Цифровая образовательная платформа «Дневник.Ру» широко применяется для разработки обучающих тестов, для взаимодействия педагогов, школьников и родителей, проведения онлайн-уроков как для всего класса, так и для учащихся, находящихся на индивидуальном обучении на дому.

Постоянно расширяется список используемых технологий, внедряется «Смешанное обучение» и его разновидность – «Перевернутый класс», появляются новые модели уроков – «Смена научных лабораторий», «Модель ротации станций» и т.п. Цифровые технологии предоставляют инструменты для преодоления ограничений классно-урочной системы с унифицированной программой и одинаковым для всех временем освоения материала, что позволяет индивидуализировать процесс обучения и на этапе освоения нового материала, и на этапе контроля результатов.

Использование инструментов цифровой образовательной среды расширяет возможности реализации индивидуальных проектов учащихся 10-х классов. Для исследований используются цифровые лаборатории по физике, химии и биологии, продуктами деятельности становятся объекты виртуального мира, дополненной реальности. Учащиеся, выбравшие социально-гуманитарные проекты разрабатывают на доступных платформах анкеты для социальных опросов, обрабатывают, анализируют и графически оформляют полученные результаты. Большую роль в процессе подготовки проектов играет сетевое сообщество. Для учащихся проводятся вебинары, онлайн-консультации и групповые обсуждения основных этапов проектирования.

Уделяется внимание в образовательном учреждении и формированию навыков безопасного поведения в сети Интернет. Обучающиеся участвуют в Уроках безопасности на сайте «Единый урок.ру», создают собственные проекты, выступают на конференциях, принимают участие в викторинах, оценивающих уровень знаний по данной тематике.

Безусловно, внедрение цифровых технологий, использование онлайн-обучения как в синхронном, так и в асинхронном формате, разработка собственных медиапродуктов сопряжено с множеством проблем. Программы-платформы могут «зависать», для онлайн-контентов требуются соответствующее программное обеспечение. Учителя и ученики могут иметь проблемы с доступом к Интернету. Большая нагрузка учителя – еще одно препятствие для внедрения различных информационных и цифровых технологий в образовательный процесс.

В перспективе в МБОУ «Лицей № 15» обновление информационно-технологической инфраструктуры, повышение квалификации педагогов в области современных технологий электронного обучения, в том числе на онлайн-курсах, проведение мастер-классов. Важной задачей является внедрение цифровых инструментов для совместной работы с коллегами, проведения совещаний и заседаний методических объединений.

Заключение

Цифровая трансформация как процесс модернизации образования позволяет в полной мере использовать потенциал цифровых технологий. Формируется информационная и медиаграмотность, реализуется цифровое общение и сотрудничество, создается и используется цифровой контент, участники образовательного процесса учатся ответственно использовать цифровые ресурсы и решать технологические задачи.

Список литературы

1. Алексашина, И. Ю. Цифровая грамотность и ИКТ-компетентность: сходство и различие / И. Ю. Алексашина, С. В. Гайсина // Образовательная динамика сетевой личности : сборник статей II Международной научно-практической конференции / под ред. А. А. Ахаяна, Е. В. Пискуновой. – СПб. : Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2019. – 228 с.

2. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/Осипова И. В.

Содержание

КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНФОРМАТИКА: ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ»

Пленарные доклады

McDonald Carlton. Why is learning to program Impossible.....4
Ерешко Ф. И., Мушков А. Ю. Математическое моделирование в стратегическом планировании развития ОПК.....14

Секция 1. Методы и технологии разработки программных систем

Авсеева О. В., Чернышов Н. М. Использование диаграммы Вороного на плоскости в трехмерных моделях для последующего разбиения на фрагменты 44
Алексейкин А. А., Сабынин А. А., Шавин А. А., Карнюшин А. А., Снегирев Д. С. Анализ типов сетевого взаимодействия в системе подтверждения подлинности электронных документов 48
Болотова С. Ю., Сиволапов К. В. Реализация модели генерации подмножеств естественного языка на основе продукционной модели знаний 53
Борисенков Д. В. Оптимизация SELECT-запросов с агрегатной функцией в коррелированном подзапросе в СУБД ЛИНТЕР 63
Великанова Л. А., Легостаева Е. С., Рощупкин А. Н. Использование программ-тренажеров в военном ВУЗе 68
Ермошин А. В., Смирнов В. А. Проектирование информационной системы управления образовательными ресурсами 76
Кураков Н. П., Чернышов М. К. Применение технологии IP SLA для обеспечения отказоустойчивости сети 85
Легостаева Е. С., Великанова Л. А., Рощупкин А. Н. Применение системы автоматизированного полидисциплинарного контроля в учебном процессе 90
Николюкин М. С., Обухов А. Д. Использование моделей, методов и алгоритмов адаптации при разработке образовательных информационных систем 100
Ногих А. А. Применение теории LP-структур к формализации методов рефакторинга кода.....106

Нужных А. В. Проектирование микросервиса файлового хранилища 115
Обухов А. Д., Архипов А. Е., Назарова А. О. Алгоритмы сбора и обработки данных о процессе взаимодействия с виртуальной реальностью 123
Обухов А. Д., Теселкин Д. В. Разработка архитектуры адаптивных web-приложений с применением нейронных сетей 131
Рубан А. А., Балакирев Н. Е., Зеленова М. В., Фадеев М. М., Родионов В. С. Методы создания специализированных языковых и процедурных инструментов для оптимальной реализации алгоритмов для прикладных предметных областей 139
Савинков А. Ю. Унифицированный программный интерфейс для численной оптимизации на C 147
Титаренко В. Н., Губорев Н. С., Кузнецов И. В., Пылин В. С. Перспективы внедрения в инфраструктуру российских организаций рабочих станций на базе процессоров серии Эльбрус под управлением операционной системы Astra Linux Special Edition .. 157
Чумачёва И. В., Самойлов Н. К. Обеспечение качества высоконагруженного Spring-Boot приложения 166

Секция 2. Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Акиньшин Д. С., Разиньков С. Н. Имитационное моделирование и анализ показателей эффективности аппаратуры радиотехнического мониторинга 175
Аксёнов А. С., Канавалов И. А., Орлов П. А., Полозов Р. В., Черных И. О. Применение компьютерного моделирования в подготовке специалистов радиоэлектронной борьбы 180
Арзамасцев А. А., Зенкова Н. А., Крючин О. В. Использование технологии глубокого машинного обучения для построения ИНС-модели профессиональной предрасположенности 186
Бакаев Г. Н., Круссер И. В., Помазанов А. В. Автоматизация расчета климатических характеристик температуры воздуха 194
Белоусов С. С., Федюнин П. А., Юрченко С. П. Проведение исследований непрерывности управления авиационным формированием с использованием средств компьютерного моделирования 200

Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Шобонов М. С. Разработка алгоритмического обеспечения системы стабилизации высоты беспилотного летательного аппарата 205
Борзунов С. В., Туровский Я. А., Киселев Е. А. Оценка способов взаимодействия отделов головного мозга на основе данных электроэнцефалограммы 211
Борисов Д. Н., Солодухин В. М. Особенности разработки БИХ-фильтра для системы на кристалле 216
Булгин Д. В., Зубрилин К. А., Волков В. С. Методика анализа ошибок обнаружения грозовых разрядов 224
Бутрин А. В. Построение математической модели автономного гидропривода 232
Высоцкая И. А. Обнаружения сетевых атак с использованием методов статистического анализа 240
Гаврилов Д. А., Ловцов Д. А. Метод разметки крупноформатных аэрокосмических изображений и подготовки обучающих выборок для нейронных сетей 244
Горячев О. В., Воробьев В. В., Ломакин А. К., Меркулов И. А. Методика экспериментальной отработки высокоточной системы на заданном классе входных сигналов 252
Громковский А. А., Костылева Л. Н. Моделирование результирующих показателей сахаропроизводящего комплекса России 261
Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мозиков Б. В. Прогностическая модель высоты нижней границы слоистой облачности 269
Данилова А. В., Морозов Е. Ю. Анализ алгоритма определения координат и угловой ориентации подвижного объекта при детерминированном подходе 277
Деменковец Д. В., Леванцевич В. А. Анализ и синтез маршевых тестов запоминающих устройств 284
Дмитриев В. М., Кучевский С. В. Применение среды Simulink при разработке компонентов электроэнергетических систем 296
Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О. Алгоритм расчета температурозависимых теплофизических характеристик полимерных композитов в ИИС 302
Дубровина О. В. Информационная модель адаптации автоматизированной обучающей системы для незрячих пользователей 308
Дьяков С. А., Поляков Ю. Ю. Краткосрочная модель формирования конвективных явлений в районе города Хабаровска 314

Евдокимова С. А., Кащенко М. А. Исследование уровней трудности заданий теста по моделям современной теории тестирования 320
Зайцев С. А., Карпов Е. А., Коновской А. С. Аспекты имитационного моделирования радиолиза полимеров 326
Иванушкин С. А., Поддубный М. И., Косарев Д. А., Вешкин А. В., Заборских П. С., Елгин Ю. И. Основные спектральные характеристики речевых сигналов и их определение 334
Илларионов Б. В., Малиев Д. С., Парфенов А. С. Моделирование зоны обслуживания одновременно наблюдаемых спутников-ретрансляторов в интересах радиоконтроля..... 343
Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д. А. Оценка точности реконструкции электрофизических параметров многослойных радиопоглощающих покрытий методом поверхностных электромагнитных волн с помощью имитационной модели в системе Matlab 350
Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д. А., Манин В. А. Оценка статистического предела разрешения отслоения радиопоглощающих покрытий методом поверхностных электромагнитных волн путем имитационного моделирования 359
Каландаров А. А. Повышение устойчивости явных схем при компьютерном моделировании динамических задач термоупругости 367
Канавалов И. А., Залозный Н. В., Орлов П. А., Полозов Р. В. Технологии виртуальной и дополнительной реальности для построения учебно-тренировочных средств освоения систем специального назначения 373
Канищева О. И., Перистов А. А. Применение математических средств при моделировании военных конфликтов 378
Капитанов В. В., Козирацкий А. А., Филоненко К. Р. Алгоритм выбора элементов фотоприемника при определении направления на источник оптического излучения по анализу распределения интенсивности в плоскости наблюдения 384
Карпов Е. А., Зайцев С. А., Шеина О. А. Моделирование колебаний балки под воздействием сейсмической нагрузки: сравнение классической и гистерезисной балок..... 392
Кирносов С. Л. Научно-методический аппарат поддержки принятия метеозависимых решений на основе использования хаотической динамики 400
Кононов А. Д., Кононов А. А. Анализ информационных технологий при построении дешифраторов с частотной и кодовой

селекцией сигнала для моделирования и поддержки дистанционного управления функционированием комплекса мобильных объектов в сложной помеховой обстановке 404
Крутских В. В., Лобода А. В. Компьютерная обработка данных в одной многомерной математической задаче 411
Кузнецов И. Е., Булгин Д. В. Методика оценки интенсивности осадков и водности облаков на основе данных дистанционных измерений 420
Курбонов Н. М. Алгоритм решения задачи оптимального перераспределения пластовой добычи газа 427
Курбонов Н. М. Математическое моделирование процессов совместной фильтрации жидкостей и газа в пористой среде 433
Кусакин О. В., Петухов А. Г., Дрынкин Д. А. Методика оценки возможности передачи информации беспилотным летательным аппаратом малого класса по оптическому(каналу на основе использования ретроотраженного управляющего лазерного излучения 439
Кучевский С. В., Бухарин Д. Д., Дмитриев В. М. Применение среды Simulink при разработке модели регулирования давления воздуха в герметической кабине воздушного судна 447
Лебедев И. В., Колнооченко А. В., Меньшутина Н. В. Развитие клеточно-автоматного подхода для моделирования структуры и свойств аэрогелей 453
Лемина О. С., Меджидов Р. Г. Математическое моделирование комбинированного нагружения тонкой пластины 461
Мазин А. С. Компьютерное моделирование в задаче определения координат постановщиков ретрансляционных помех 468
Маляр А. А., Драбо А. И., Пигарев А. Е., Животворев А. С. Моделирование статистических распределений с использованием метода Монте-Карло 484
Мартьяшкин А. Б. Методика восстановления поля ветра для метеорологического обеспечения беспилотной авиации при решении задач специального мониторинга 490
Маслов Д. В., Похващев В. Н., Швыряев Д. Н. Особенности технической реализации малогабаритного имитатора X диапазона 495
Можей Н. П. Применение пакетов аналитических вычислений к изучению тензоров Риччи инвариантных связностей 501
Набиев С. Б. Математическая модель автоматизации процессов определения и обеспечения функционально-параметрической совместимости компонентов производственно

технологических модулей (ПТМ) с вязкоупругими звеньями в динамическом управлении 506
Ножкин В. С., Семёнов М. Е., Ульшин И. И. Модель учета турбулентных свойств атмосферы в уравнениях переноса 517
Осипова И. А. Возможности применения фильтров программы ScanViever для компьютерного моделирования и анализа морфологии микроповерхностей 526
Павлов И. П., Сизоненко А. Б. Модель распределения системных событий по приоритетности в автоматизированной системе в защищенном исполнении 531
Паринов М. Л., Нистратов Р. С., Солайман К. Я. Оценка влияния адаптивного управления амплитудной диаграммой направленности антенной решетки на ошибки фазовых измерителей 539
Попов В. В., Попова И. В. Программный продукт для планирования работы сотрудников IT-компании 547
Попов В. В., Уткин А. А., Повхлеб В. А., Шугайлов Я. В. Моделирование работы измерителя высоты нижней границы облачности 557
Разиньков С. Н., Евсеев А. В., Разинькова О. Э., Сторожук Ю. В. Критерии синтеза антенных решеток мобильных радиоэлектронных комплексов 565
Решетова О. О. Особенности динамики модифицированного осциллятора Ван-дер-Поля с гистерезисным блоком 568
Родионов В. С., Балакирев Н. Е., Зеленова М. В., Рубан А. А., Фадеев М. М. Два метода восстановление промежуточных значений между характерными точками и их сравнение 575
Рябов А. В. Модель сети декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом 586
Рябов А. В., Скорик А. С. Алгоритм функционирования сети декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом 594
Соловьев А. В. Моделирование временных рядов метеорологических величин с использованием элементов технического анализа 601
Соломатин Д. И., Верлин А. А. Математическое моделирование термопластического состояния толстостенной сферической оболочки 607
Тищенко А. И., Беспалов С. В. Математическая модель слежения комплексом с беспилотным летательным аппаратом за объектом 618

Толкачев А. В. Модифицированное отображение Эно с гистерезисной нелинейностью 624
Усков А. В. Модель исследования характеристик излучения многолучевых антенных решеток с учетом влияния интермодуляционных помех 630
Фарина А. П., Кучевский С. В., Онуфриенко В. В. Применение средств моделирования при проектировании комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности экипажа 634
Феофилов Д. С. Особенности моделирования звеньев с ограничителями 644
Хильченко Р. Г., Неугомонов С. Р. Компьютерная имитационная модель процесса функционирования малогабаритных разведывательных беспилотных летательных аппаратов с учетом возможного радиоэлектронного противодействия 650
Черепанов Д. В., Кузнецов И. Е. Модель прогнозирования степени сложности метеоусловий с учетом теории нечеткой логики ... 659

Секция 3. Технологии обработки и защиты информации

Алексеев В. В., Яковлев А. В., Моисеева М. В. Классификация акустических каналов утечки информации в помещениях офисного типа 665
Алексеев В. В., Яковлев А. В., Моисеева М. В., Дерябин А. С. Оценка акустического канала утечки информации в помещениях офисного типа 669
Батищев Д. С., Утянский А. А., Михелев В. М. Метод сегментации перекрывающихся объектов на изображении 674
Бистерфельд О. А., Бистерфельд Н. С. Технология генерации перестановок в программно-информационном комплексе защищенной передачи данных 683
Ганиев С. К., Хамидов Ш. Ж. Безопасность систем электронной почты: проблемы и решения 690
Горбачев А. А. Вербальная модель процесса защиты SMTP-сервера от сетевой разведки 700
Думанский А. И., Балакирев Н. Е., Зеленова М. В., Лазунин К. А., Фадеев М. М. Распределенная система защитных механизмов программного комплекса «Голосовая почта» на базе структуризации звукового потока волн 709

Евстафиев А. Ф., Евстафиев Ф. А. Модель некогерентного распознавания двоичных сигналов в условиях мешающих отражений и флуктуационных помех 717
Емельянов Е. С., Дикарев А. С. Обучение нейронных сетей классификации объектов на основе изображений, полученных с использованием компьютерного моделирования 725
Игнатов Д. В., Назаренко Д. Э., Янов М. В. Анализ трафика как инструмент исследования вычислительной сети 732
Каплин М. А. Модель верификации результативности маскирования структуры информационных систем 737
Кирсанов Э. А., Ларионов Д. А. Программная реализация нейросетевого алгоритма вычисления координат источника радиоизлучения с учетом ограничений по дальности прямой видимости с использованием библиотеки alglib 747
Коваль А. С. Виртуализация криптокоммутаторов Континент в среде Oracle VirtualBox 756
Ковун В. А., Каширина И. Л. Использование нейронной сети W-Net в металлографическом анализе образца стали 760
Козирацкий А. А., Попело В. Д., Проскурин Д. К., Кулешов П. Е. Алгоритм определения положения линейного объекта в трехмерном пространстве по данным стереонаблюдений в оптическом диапазоне длин волн 767
Красковский П. Н. Алгоритмы быстрого размытия изображений, основанные на фильтре Гаусса 776
Крюкова К. В., Лютин В. И. Обработка больших данных при обнаружении области коррекции траектории беспилотного летательного аппарата по рельефу земной поверхности 782
Кучуров В. В., Шерстобитов Р. С. Модель и методика маскирования адресации корреспондентов в сети передачи данных ведомственного назначения 792
Лебёдкина Т. В. Алгоритм проактивной защиты FTP-сервера от компьютерных атак 803
Неруш М. Н., Павлов П. В., Хобта Р. Г. Использование алгоритма итерационного восстановления изображений дефектов остекления методом компьютерной голографии 811
Пантюхин М. А., Шарыгин Я. В., Куракин Д. А. Практические аспекты двумерной дискретной фильтрации изображений 817
Пеливан М. А., Будников С. А. Разработка подхода к снижению размерности пространства признаков угроз в интеллектуальных системах обеспечивания информационной безопасности 825

Платов Н. Е., Медведев А. Н. Способ сетевого планирования аудита информационной безопасности объектов критической информационной инфраструктуры 835
Подольский В. А., Туровский Я. А., Михальский А. И., Алексеев А. В. Исследование методов машинного обучения для решения задачи прогноза успешности работы оператора по дополнительной информации 845
Примова Х. А., Рахимов Р. Т. Способы распознавания текстов на разных изображениях 852
Сергиенко Д. Г., Лютин В. И. Потенциальная точность системы слежения за объектами датчиками различных физических полей с комплексированием наблюдений 859
Серебряная Л. В., Простаков А. И. Метод автоматического синтеза панорамных изображений 868
Сидельников О. В. Построение логических моделей опасных состояний комплексов средств автоматизации автоматизированных систем 877
Синицын Ю. Ю., Сизоненко А. Б. Восстановление кадровой синхронизации при проскальзываниях цифрового сигнала в беспроводных сетях передачи данных при помощи свойств сверточных кодов 886
Степанцов В. А., Дынин М. А. Возможности алгоритма TLD по обеспечению трекинга целевого объекта в видеопотоке 893
Степанцов В. А., Лунис Д. С. Применение алгоритма SEAL в целях защиты речевой информации 898
Теленьга А. П., Евсеенков Н. С. Исследование возможности разработки системы автоматизированного анализа компьютерных инцидентов 905
Тихомирова А. А., Яковлев А. В., Савилова У. А. Синтез комплексной системы обнаружения компьютерных инцидентов безопасности в критических информационных инфраструктурах 912
Фадеев М. М., Зеленова М. В., Балакирев Н. Е. Возможные варианты алгоритмов нанесения водяные знаков для аудио информации 922
Хворов Р. А., Скрыль С. В. Задача управления защитой информации в информационных системах специального назначения 930

Секция 4. Информационные системы и базы данных

Батенков К. А. Общее понятие телекоммуникационной услуги и ее качества в современных руководящих документах отрасли 935
Гражданкин И. В., Власов С. В., Чавдаров А. В. Выбор оптимальной базы данных для работы с графом 942
Данилова Ж. С., Матвеева М. В. Разработка генератора тестовых данных 947
Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О. Информационные системы в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия 957
Евдокимова С. А., Величко М. С. Проектирование информационной системы для детского сада 961
Евдокимова С. А., Покатаев В. В. Проектирование и реализация информационной системы для отдела кадров ООО «СПИ» 967
Кайдаш Е. П., Назмутдинов И. С. Разработка системы базы знаний при усовершенствовании автоматизированной системы управления связью 974
Кузмич А. В. Модель эффективности внедрения информационный систем 979
Курахтанов М. С., Муртазина М. Ш. Разработка облачного веб-приложения «TeamCloud» 983
Лачинов А. О., Решотка А. В., Лавриненко А. В., Савельев Н. С., Сипатров Н. А., Ваничкин А. Д., Стариков Т. В. Способ контроля целостности данных на основе применения хэш-функции по принципу сочетаний хэш-значений 991
Платов А. Ю., Прокопенко А. С. Архитектура NoSQL СУБД для типичного высоконагруженного приложения 997
Потемкина А. Э., Матвеева М. В. Разработка компьютерной игры для обучения языку SQL 1005
Радаева А. И. Автоматизация планирования инженерно-конструкторских работ 1013
Рубцов Е. А. Описание структуры математических объектов 1022
Ряполов М. П., Толстобров А. П. Опыт масштабирования портала электронного обучения Воронежского Государственного университета в период пандемии 1030
Савельев Н. С., Лачинов А. О., Сипатров Н. А., Ваничкин А. Д., Стариков Т. В. Реализация контроля целостности данных посредством хэш-функции на ПЛИС 1039

Сипатров Н. А., Лачинов А. О., Ваничкин А. Д., Стариков Т. В. О некоторых свойствах теплицевых матриц 1044
Сорока Е. П., Стафеев М. А. Управление ресурсами системы воздушной и наземной связи авиационного формирования 1049
Сынкова А. О., Матвеева М. В. Создание пользовательских витрин в банковской сфере с использованием корпоративного хранилища данных 1054
Тян В. А., Матвеева М. В. Сравнительный анализ сервисов для обмена книг 1060

Секция 5. Прикладное моделирование и E-business

Osipov A. L., Klepikova E. V. Time series models in population prediction 1068
Osipov A. L., Pichurova A. D. Mathematical models for predicting material damage from fires 1073
Алейникова Н. А., Матвеев М. Г. Решение многокритериальной задачи нечеткого параметрического выбора на трехдольном графе 1078
Алексеев В. В., Власов Ю. А., Илясов А. П., Минаков С. Н. Применение тренажёров и тренажёрных комплексов для улучшения подготовки операторов сложных технических систем 1086
Анфёров М. А. Оптимизация состава технологических переходов при многопозиционной автоматической обработке 1092
Арапов Д. В., Скоробогатов С. А., Чередников Е. Ф., Полубкова Г. В., Курицын В. А. Применение математической модели для прогноза состояния больных с послеоперационными грыжами живота 1101
Балакин В. С., Шипко Ю. В., Колычев О. В. Модель принятия решений на работы персонала в жарких погодно-климатических условиях 1109
Баранов Р. А., Пресняков М. Ю., Рябов А. В. Подходы к моделированию системы радиосвязи с параллельной ретрансляцией сигналов в условиях помех 1118
Белоусов С. С., Федюнин П. А., Стафеев М. А. Математическая модель оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием 1123

Буробин С. И., Назмутдинов И. С. Использование информационных технологий в процессе эксплуатации радиотехнических средств 1131
Гриф М. Г., Кочетов С. А. Стратегии проектирования и методы описания сложных систем на основе функционально-структурной теории 1136
Евдокимова С. А., Журавлев А. В. Исследование товарного ассортимента с помощью ABC-XYZ-анализа в системе Deductor 1142
Ерешко А. Ф., Сытов А. Н., Вахранев А. В. Вычислительные процедуры анализа модели предприятия 1147
Меденников В. И., Кульба В. В. Онтологические проблемы формирования цифровых платформ АПК 1157
Зацаринный А. А., Козлов С. В. Процессные аспекты нормативного регулирования работ по комплексному обеспечению информационной безопасности и интероперабельности интегрированных систем управления 1167
Зверев Г. И. К вопросу о механизме оценки живучести эргатических систем 1177
Иванутkин А. Г., Демьяненко А. С. Подход к повышению точностных характеристик фазовых радиотехнических систем дальней навигации 1183
Илларионов И. В., Архипов С. Ю. SoD-матрица как средство управления рисками в ERP-системе (на примере модуля MM в системе SAP R/3) 1188
Каладзе В. А., Работкин В. А. Математические модели взаимодействия гамма-излучения с веществом, удобные для реализации в учебном процессе 1198
Каширская И. И. Реализация реверсного подхода к проектированию объекта с заданными свойствами: функциональная модель и логическая модель данных 1208
Киселев В. Г. Хеджирование финансовых рисков в фермерских растениеводческих хозяйствах 1219
Коновалов О. А., Забавников В. Н., Чернышов А. П., Тачаев М. А. Модель определения периодичности контроля работ проекта 1227
Коновалов О. А., Каберов С. Р., Никитин В. С., Чернышов А. П. Подходы к решению задач распределения ограниченных потоков ресурсов 1233
Копытина Е. А., Копытин А. В. Моделирование и реализация системы расчета заказов торговой сети 1240

Коротков В. В. Планирование проекта с учётом навыков сотрудников в условиях нечёткой информации 1250
Матвеев М. Г., Сафонов В. Г. Алгоритмы ранжирования товаров для электронной торговли 1257
Меденников В. И., Райков А. Н. Экспериментальный характер цифровой трансформации АПК 1264
Меньших В. В., Морозова В. О. Использование качественных параметров в уравнениях регрессии 1274
Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Дудко О. Ю. Гетерогенная модель ажиотажного цикла цифровых технологий 1281
Попова И. В. Методы оценивания эффективности роботизации процессов 1288
Попова И. В. Тенденции развития роботизированных процессов 1296
Путькина Л. В. Формирование информационной архитектуры предприятия 1304
Севрикеев Д. В., Жафярова Ф. С., Бушмакина Е. А. Анализ логистических бизнес-процессов на основе выполнения «идеальных» заказов 1309
Феофилов С. В., Хапкин Д. Л. Базовый синтез нейросетевых регуляторов для нелинейных следящих систем управления 1314
Шмелев М. А., Матвеев М. Г. Сравнение подходов к формированию предложений на электронно-торговой площадке с технологией маркетплейс 1323

Секция 6. Интеллектуальные информационные системы, компьютерная лингвистика, технологии информационного поиска

Protasov S. I. An approach to visual thesaurus exploration: a case study for Russian language 1335
Андрюкеева А. А. Исследование алгоритмов анализа и генерации технической документации 1360
Большева А. В., Полицына Е. В. Исследование подходов и разработка системы контроля качества выполнения физических упражнений 1364
Васильев А. В. Логика: прикладной подход 1355
Гаршин Т. С., Иванков А. Ю., Муравьёва Е. В. Процедуры упрощения предложений на естественном языке на основе синтаксической разметки CoNLL-U для задач TextMining 1362

Гладких М. В. Архитектура системы кластеризации интернет-пользователей на основе данных о переходах (clickstream 1371
Гончарова В. В., Гаршина В. В. Настройка и адаптация модуля распознавания речи CMU Sphinx на основе скрытых марковских моделей 1379
Гриф М. Г., Королькова О. О., Приходько А. Л. Распознавание жестовой речи с учетом комбинаторных изменений жестов 1387
Демченко М. В., Каширина И. Л. Применение методов машинного обучения в задаче анализа когорт пациентов с атеросклерозом артерий конечностей 1394
Кадиев Ш. К., Хабибулин Р. Ш. Применение методов машинного обучения для классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера 1402
Кретов А. А., Артемова О. Г., Шудрикова А. С. К компьютерному моделированию варьирования русского корня..... 1407
Кретов А. А., Половинкина М. В., Половинкин И. П., Ломец М. В. Предельный размер словаря писателя и фрактальная размерность его метакниги 1416
Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О. Применение прикладных интеллектуальных систем в образовательном процессе вуза 1425
Львович Я. Е., Преображенский А. П. Интеллектуализация управления в образовательных учреждениях..... 1431
Милованова Е. Е. Классификация существительных из текстов методами машинного обучения на основе признаков контекстуальной синонимии..... 1438
Мирошниченко А. С., Михелев В. М. Решение задачи классификации COVID-19 по МРТ снимкам с использованием нейронных сетей 1445
Митрофанова Е. Ю. Разработка предметно-ориентированного программного обеспечения на примере решения задачи анализа вакантной должности 1450
Морозов П. А. Алгоритм выявления плагиата в исходном коде программ..... 1457
Пименов В. И., Пименов И. В. Выявление дискретного носителя знаний в процессе глубокого обучения с помощью технологии OLAP 1465
Полицына Е. В., Полицын С. А., Зеленова М. В. Применение алгоритмических методов и машинного обучения для решения задач компьютерной лингвистики 1473

Попов А. С. Создание информационной системы хранения и учёта англо-русских эвфемизмов 1482
Поречный А. С. Построение семантико-синтаксической модели текстов для определения их смысловой близости 1488
Потапова А. А. Исследование методов нечеткого сравнения строк и их применение в алгоритме поиска опечаток в тексте 1496
Семенова Т. Б. Создание аналитического модуля информационной системы обучения немецкому языку 1502
Сидоров К. А., Коротких А. Д., Донина О. В. Автоматизация бинарной классификации текстов английского языка по варианту языка и жанру с применением технологии искусственных нейронных сетей 1508
Скарина А. Н. Перспективы применения технологии семантического WEB при разработке интернет – порталов торговых площадок 1515
Сычев А. В. Кластеризация коротких текстовых сообщений на основе комбинированного вектора атрибутов 1521
Углев В. А. Выбор точи зрения при когнитивной визуализации содержания учебных планов 1526
Фирюлина М. А., Каширина И. Л. Прогнозирование риска смертности после инфаркта миокарда с использованием методов машинного обучения 1535
Чупакова А. О. Решение задач нейросетевой классификации в рамках расчета пожарных рисков на производственных объектах 1545

Секция 7. Суперкомпьютерные вычисления и BigData. Квантовые информационные системы

Борзунов С. В., Кургалин С. Д. О системе непрерывного обучения суперкомпьютерным технологиям в условиях взаимодействия «школа-ВУЗ» 1552
Бреславская Н. Н., Уголкова Е. А., Просвирина А. В., Боженко К. В. Квантово-химическое исследование биядерного комплекса меди с метиленовыми мостиками 1559
Васильев А. В. Некоторые особенности факультативной подготовки к конкурсам IT-проектов в контексте суперкомпьютерного образования 1565
Вахтин А. А., Туровский Я. А. Численное вейвлетное преобразование с использованием архитектуры Nvidia CUDA для обработки медицинских сигналов 1577

Гнутов М. С., Титаренко В. Н., Сизоненко А. Б. Оценка эффективности функционирования автоматизированных систем с различными процессорными архитектурами 1582

Секция 8. САПР и цифровые технологии

Горохова Т. В. Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности строительных процессов 1593
Ильин М. А. Цифровая трансформация частного охранного предприятия: выбор АИС 1605
Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Румянцев Е. О. Информационная поддержка деятельности обучающихся в вузе 1615
Малютин О. С., Хабибулин Р. Ш. Применение принципов BIM-технологии в компьютерном моделировании пожаров 1619
Принев М. А. Детализация изображений на рентгеновских снимках с помощью плавающего порога бинаризации 1626
Сковпин Н. С., Паринов М. В. Блок-схемы алгоритмов для автоматизации создания плана декомпрессионного погружения 1631
Сокольников В. В., Собенина О. В., Сафронова Н. В. Адаптация web клиента plm системы Teamcenter для мобильных устройств 1638
Чижов М. И., Бредихин А. В., Филимонова А. А., Глазков П. С. Разработка ИТ стратегии для предприятия, внедрение систем ERP, PDM, CAM 1644
Юров А. Н. Получение сечений цифровых макетов изделий с импортируемой геометрией 1649

ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНФОРМАТИКА В ОБРАЗОВАНИИ»

Секция 1. Методика преподавания информатики

Аманжолова А. Б., Торбаева А. Б., Аманжолов М. А. Action Research на уроках информатики: как формативное оценивание влияет на мотивацию учащихся 1656

Гаркавенко Г. В. Использования ассемблера для изучения архитектуры компьютера 1665

Горбенко О. Д., Ускова О. Ф. Методический опыт организации курсовой работы первокурсников по информатике и программированию 1673

Измайлова А. М. Исследование новых возможностей воспитания в соответствии с ФГОС на уроках информатики с применением проектного метода 1680

Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Опыт преподавания программирования в пандемию 1689

Кожуренко Н. В., Мороз Л. А. Тестирование как метод контроля знаний учащихся при обучении программированию 1699

Козлов О. А. Развитие цифровой трансформации образования: российский и зарубежный опыт 1704

Козлов О. А., Барышева И. В., Малкина Е. В. Роль и задачи предмета «информатика» в школьном образовании 1712

Кулаков Ю. В. Алгоритм решения олимпиадной задачи по информатике «Травля тараканов», основанный на поиске вершинных покрытий графов 1720

Лоскутова А. Е. Использование Agile-подхода как способа организации обучения на уроках информатики 1729

Мороз Л. А. Изучение возможностей внеучебной деятельности по дисциплине «Программирование мобильных устройств» при формировании профессиональных компетенций будущих специалистов по информатике 1735

Старикова М. Е., Барабаш Г. И. Решаем логические задачи 1739

Старикова Н. П. Использование дистанционного обучения при изучении информатики в школе 1743

Ускова О. Ф., Каплиева Н. А., Шашкин А. И., Пешков А. В. Соревнования 2020 года первокурсников вузов г. Воронежа по информатике и программированию в online режиме 1747

Секция 2. ЕГЭ по информатике

Барабаш Г. И., Старикова М. Е. Обзор изменений в заданиях ЕГЭ по информатике 2021 1756
Рыбас В. И. Сравнение временных интервалов выполнения алгоритмов на разных по количеству элементов последовательностях 1759

Секция 3. Проектная технология обучения на основе ИКТ

Чернышова О. П. Использование сервиса Trello при работе над проектом 1768

Секция 4. Компьютерное моделирование и образовательные технологии

Абрамян Г. В. Технология непрерывного high-hume образования в цифровой образовательной среде на основе high-tech системы суггестивнолингвистического мониторинга, анализа и управления учебным контентом, каналами коммуникаций и профессиональной деятельностью преподавателей-тьюторов 1775
Воронина И. Е. Проблемы современного ИТ образования 1783
Воронков Б. Н., Школин А. А. Реализация криптопротокола распределения ключей Менезиса-Кью-Ванстоуна 1788
Денисенко М. А. Использование графического редактора «Компас 3D» в обучении компьютерной инженерной графике 1797
Никольский С. А. Интерфейс учебно-познавательной системы и методы распознавания числовых образов на основе моделирования и визуализации работы искусственных нейронных сетей 1807

Секция 5. Разработка и использование электронных образовательных ресурсов

Беловолова Е. Е. Разработка и использование на уроках истории интерактивных карт 1826
Гребенюк Е. Ф. Использование электронных образовательных ресурсов на уроках истории и обществознания в условиях дистанционного обучения 1830

Касьянов В. Н., Малышев А. А. Программные средства поддержки дистанционного обучения функциональному программированию 1834

Секция 6. Применение информационных технологий в преподавании различных дисциплин

Асланова Г. Н. Решение задачи линейного программирования с n переменными 1844
Батан С. Н. О преподавании курса «Правовая информатика 1851
Белова И. В., Белов С. В. Медиаинформационная грамотность как ключевая компетенция учителя 21 века 1859
Будникова О. И. Приемы работы при разработке рабочих программ учебного предмета 1870
Грищенко И. Н., Литвиненко Г. М. Применение интерактивной доски на уроках в начальной школе 1878
Денисовец Д. А., Сидоренко И. Н. Применение информационных технологий и средств мультимедиа в преподавании 1888
Жабыко В. В. Использование информационных технологий в повышении эффективности обучения на учебных занятиях 1894
Зайцева С. А., Киселев В. С., Зубаков А. Ф. Модель вузовской интеграции направлений образовательной робототехники 1899
Ивлев А. Н., Терновская О. В., Терновская Е. Ю., Павлов А. В. Школьный курс информатики – основа формирования компетенций, необходимых для освоения учебного материала при реализации образовательных технологий в дистанционном формате 1906
Каберов С. Р. Проблемы информационных технологий в образовательном процессе вузов 1911
Копалиани Л. Н. Реализация технологии «Перевёрнутый класс» с помощью электронной образовательной среды 1915
Кузнецова Т. М., Щербинина И. В., Гальцева Д. А. Формирование мотивации к обучению у младших школьников через систему ТИО (технологию индивидуализированного обучения 1920
Кузьмина О. Е. Опыт использования программы ZOOM в работе школьного психолога в дистанционный период 1926
Можей Н. П. Преподавание методов оптимизации с использованием динамической обучающей среды 1929

Навражных В. И. Роль обучения с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов, обучающихся на дому.....1935
Никулин С. А., Попов Г. А., Каберов С. Р. Использование инфокоммуникационных технологий для совершенствования подготовки специалистов связи.....1939
Паутов Е. Д. Содержание учебного материала и методика формирования компетенций в области применения блокчейн технологий для обучения студентов транспортных вузов.....1945
Староверова В. Н. Современные платформы дистанционного образования в системе обучения ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова.....1959
Ушакова О. В. Веб-квест «Путешествие по Органике» как средство мотивации учащихся к изучению химии(и формирования их цифровой грамотности.....1970
Шевцова С. Т. Разработка тестов для оценки знаний обучающихся на цифровой образовательной платформе «Дневник.ру.....1975
Щербинина И. В., Гальцева Д. А., Кузнецова Т. М. Учебный курс «Основы мультимедийных технологий» как средство мотивации в 5-7 классах.....1981

Секция 7. Проблемы дистанционного образования

Абрамян Г. В. High-Hume методология и алгоритмы реализации High-Tech управления контурами естественно-физиологических, электронно-цифровых и гибридных интерфейсов дистанционного образования в условиях вирусной пандемии.....1988
Абрамян Г. В. Принципы использования визуальных, вербальных и паралингвистических невербальных компонентов High-hume/High-tech цифрового управления дистанционным образованием в условиях вирусной пандемии на основе региональных фонетических, фонологических, морфологических, лексикологических, синтаксических конструкций и форм организации цифровых коммуникаций.....1997
Асланова Г. Н. Модели обучения с применением электронных образовательных технологий.....2008

Бахилова Н. В., Киселева О. Т. Использование модели смешанного обучения в условиях современной информационно-образовательной среды 2013
Буркова П. П. Математическая модель решения задачи поиска энтропии шума в двоично-симметричном канале, блок-схема и алгоритм её реализации с оконным интерфейсом на языке JavaScript для дистанционного обучения школьников и студентов вузов в условиях пандемии 2018
Валуйская О. А. Практический аспект использования цифровых технологий в условиях дистанционного образования 2029
Гречишникова Н. А. Организация дистанционного обучения в школе 2033
Дятлева Е. В. Создание тестовых заданий на цифровой образовательной платформе «Дневник.ру 2036
Жук Н. М., Дуракова Т. М., Дураков С. Г. Здоровьесберегающие технологии как одно из приоритетных направлений при обучении и воспитании студентов СПО 2043
Зуева И. Ю. Практика использования электронных платформ при дистанционном обучении 2050
Калинина Т. О., Добрикова С. О. Проблемы дистанционного обучения математике 2054
Катасонова Г. Р., Абрамян Г. В. Информационно-образовательная авторизованная среда ВУЗа 2057
Катасонова Г. Р., Шкрум А. С. Электронные образовательные ресурсы для студентов медицинского ВУЗа 2067
Князев М. Н. Условия эффективности введения электронного обучения в школьное образование 2073
Копытина Е. А., Копытин А. В., Шишко Ю. В. Аспекты дистанционного формата обучения дополнительного образования школьников в сфере информационных технологий на примере курсов Яндекс.Лицея 2082
Лаптева Т. М. Создание материалов для контроля знаний учащихся при дистанционном обучении 2087
Осипова И. А. Проблемы организации обучения физике в дистанционном формате 2092
Павличенко М. А. Использование дистанционных технологий при проведении занятий 2098
Палагутин А. В., Палагутина М. А., Серповская И. С. Дистанционное обучение: опыт и потенциал 2103

Пирогова Д. Н. Проблемы, средства и платформы цифровой коммуникации между студентами и преподавателями в процессе дистанционного образования в техническом университете.....2112
Разуваева С. В., Сурина Л. И. Адаптация ШЦП в МБОУ гимназии № 7 им. Воронцова В. М. г. Воронеж.....2123
Стебунова А. Н. Организация дистанционного обучения: инструменты и технологии 2127
Толстобров А. П., Ряполов М. П. Проблемы нормирования трудозатрат ППС при реализации смешанного формата обучения.....2133
Фролов И. А., Фролова Л. Л. Анализ современных решений для электронного обучения.....2139
Хливненко Л. В. Особенности перехода от дистанционного обучения к онлайн-обучению 2149

Секция 8. Программное обеспечение образовательного учреждения

Давтян Г. В. Разработка web-приложения для системы контроля успеваемости студентов (на основе языков HTML, PHP, SQL) 2158
Дуракова Т. М., Дураков С. Г., Жук Н. М., Шевелёва А. Н. Сквозной поток в организации внеурочной деятельности: создание учебного материала для проведения занятий.....2167

Секция 9. Корпоративные учебные центры и образовательные программы: проблемы и перспективы

Каширская И. И. Применение реверсного подхода проектирования объекта с заданными свойствами для построения программ дополнительного образования 2173

Секция 10. Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

Малышев А. С. Цифровая грамотность обучающихся и педагогов: проблемы и перспективы.....2179

Научное издание

Информатика: проблемы, методы, технологии

Материалы
XXI Международной научно-методической конференции

Воронеж,
11-12 февраля 2021 г.

Под редакцией А. А. Зацаринного, Д. Н. Борисова

Издано в авторской редакции

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 30.04.21.
Объем данных 61 Мб. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
Тираж 500 экз. Заказ 212.

ООО «Вэлборн»
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